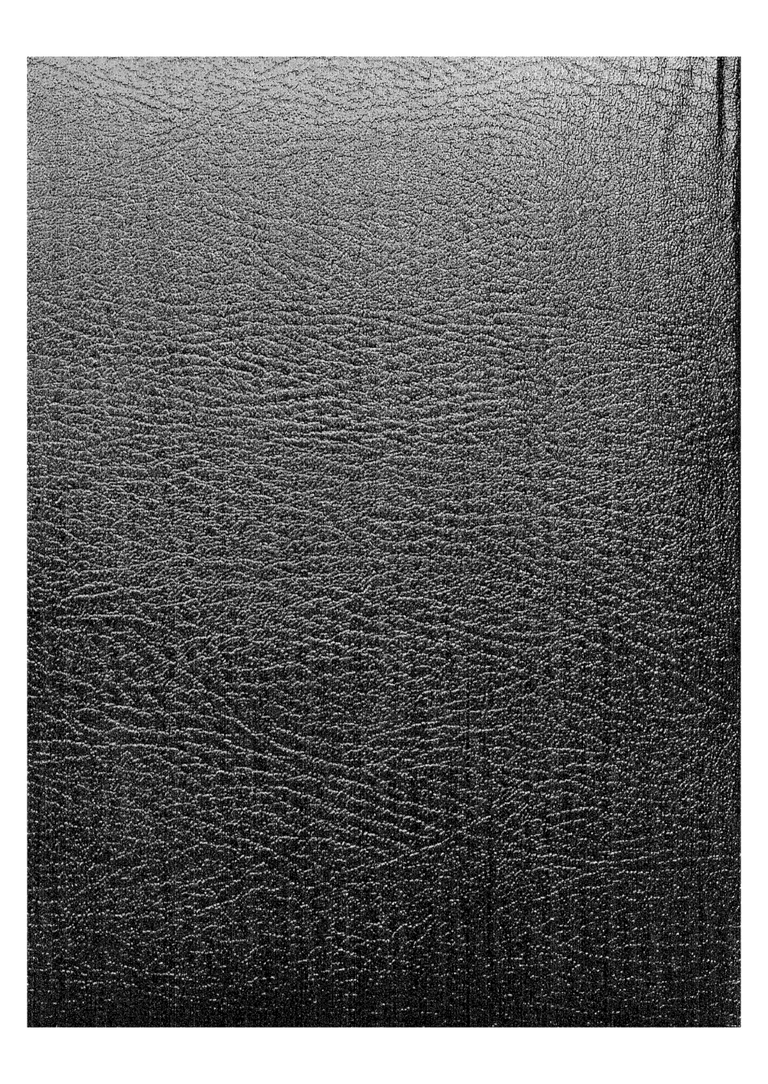


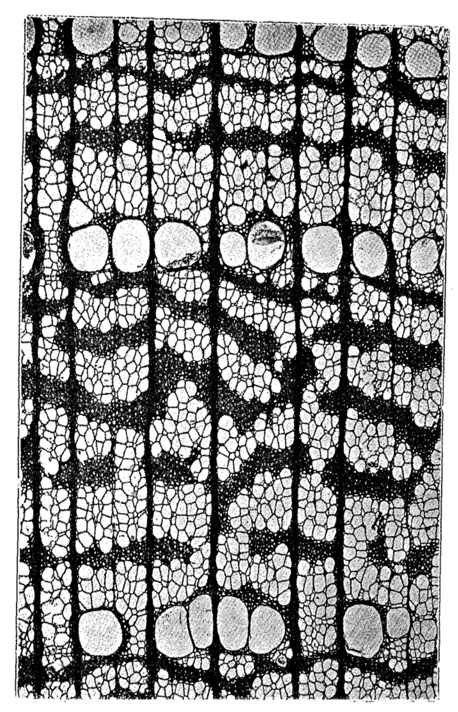






إهـــــــداء2006

كيميائي استشاري / احمد على محمد العبد
البحيرة



قطاع عرضى فى الخشب الثانوى لنبات « الماس الامريكى » × ٥٠ مهداة من معدل منتجات الغابة بالولايات المتحدة .

ان مادة القطاع جميلة حتى أن دودة الحرير لا تستطيع أن تنسج ما يدانيها جمالا ، ان من يحمل عصا يتوكأ عليها ، مهما يكن خشبها متواضعا ، انما يمسك قطعة من صنع الطبيعة تفوق بمراحل أتقن نسيج فى الدنيا أبدعته يد صناع فى أشغال الابرة « نهميا جرو » .

مقدمة في علم تشريح النبات

تأليف

إيمز وماك دانيلز

ترجمة

الدكتور عبد الفتاح القصاص
أستاذ مساعد بكلية العلوم - جامعة القاهرة

الدكتور محمد صابر نعيم
أستاذ مساعد بكلية العلوم - جامعة عين شمس

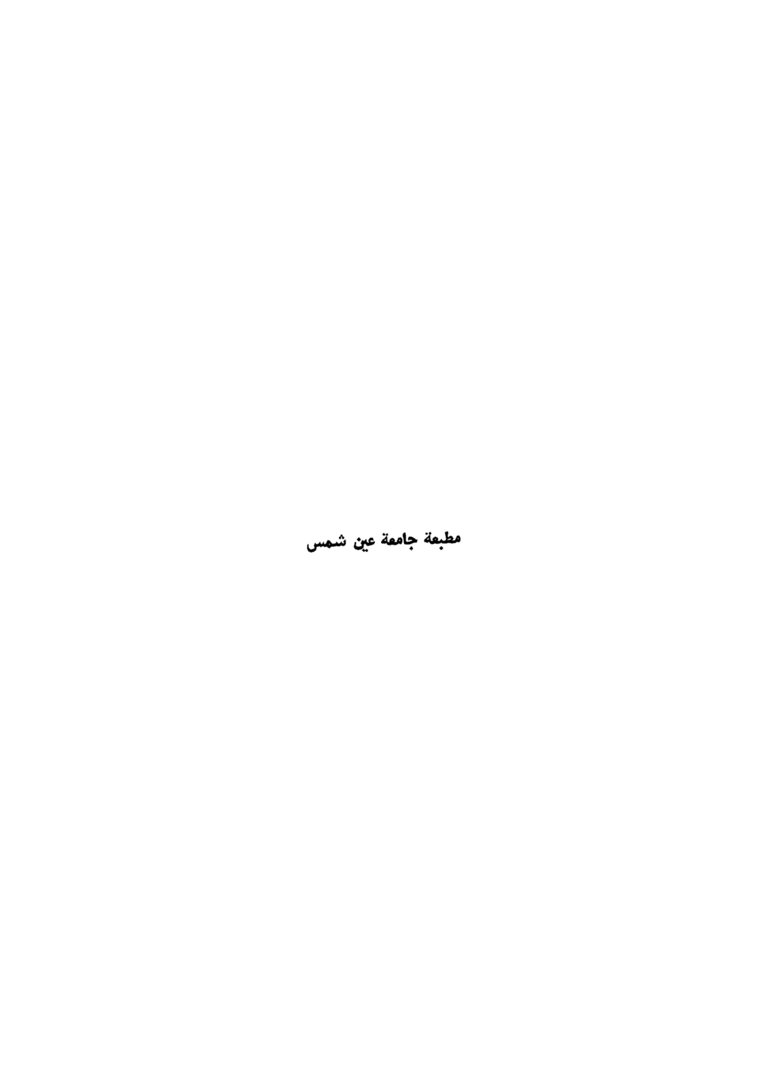
الدكتور أحمد الباز يونس
مدرس بكلية العلوم - جامعة القاهرة

الدكتور قيصر نجيب
مدرس بكلية العلوم - جامعة القاهرة

مراجعة

الدكتور عبد الحليم منتصر
أستاذ ورئيس قسم النبات بكلية العلوم - جامعة عين شمس
مدير جامعة الكويت

المجلس الأعلى للعلوم
١٩٦٢



مطبعة جامعة عين شمس

رقم مسلسل : ١٣ المجموعة الأولى

تم نشر هذا الكتاب ضمن مجموعة الكتب
التى يشرف على إعدادها المجلس الأعلى
للعلوم لخدمة مشروع تعريب التعليم الجامعى

AN INTRODUCTION TO PLANT ANATOMY

By

EAMES & MACDANIELS

Second Edition 1947
Published by : Mc Graw-Hill Book Company, Inc.

محتويات الكتاب

صفحة

مقدمة

الفصل الأول

الفصل الثانى

صفحة

الفصل الثالث

صفحة

الفصل الرابع

الفصل الخامس

صفحة

الفصل السادس

صفحة

الفصل السابع

صفحة

الفصل الثامن

الفصل التاسع

صفحة

الفصل العاشر

صفحة

الفصل الحادى عشر

الفصل الثانى عشر

صفحة

الفصل الثالث عشر

صفحة

الفصل الرابع عشر

صفحة

تقديم الطبعة الأولى

يأمل المؤلفان أن يسد هذا الكتاب الحاجة الى مؤلف شامل فى علم التشريح النباتى ، وهو ما تفتقر اليه المكتبة العلمية حاليا . ولقد أحس المؤلفان بتلك الحاجة الشديدة وهما من مدرسى هذا العلم : رأيا أن هناك ضرورة الى مثل هـذا الكتاب ، لا تقتصر على الحاجة الى كتاب دراسى يصلح مادة للتعليم ، كما يصلح مرجعا أساسيا للمشتغلين بتطبيقات علم النبات وللمدرسين والطلاب فى الفروع البحتة لعلم النبات . ولذلك وضعا نصب أعينهما هذين الهدفين عند اعداد هذا الكتاب . على أنهما عنيا فى تناول الموضوعات بما تقتضيه احتياجات فصول التعليم ، وخاصة طلاب علم التشريح النباتى المبتدئين . ولذلك فالكتاب أولا كتاب دراسى فى مبادىء علم التشريح النباتى ، وهو فى الوقت ذاته مقدمة لهذا العلم ، فالمفروض فى قارىء هـذا الكتاب أن يكون ملما بمبادىء تركيب النبات ووظائفه على نحو ما يحصله طلاب المرحلة الجامعية الأولى فى دراسة علم النبات .

وعلى الرغم من أن الكتاب مقدمة لهذا العلم ، الا أنه يتضمن عرضا شاملا للحقائق والمعارف الأساسية عن التشريح النبـاتى ، حتى أنه ليتناول القواعد الرئيسية للدراسات المستقلة ولكنا لا ندعى أن الكتاب يعرض تفصيلا لكافة الحقائق والبيانات المعروفة ولا النظريات التى تتناول كافة الظواهر التركيبية . فالمعارف والبيانات كثيرة جدا ، ومصطلحات التشريح النباتى يكتنفها الكثير من الغموض وكل محاولة لعرض الموضوع عرضا كاملا وافيا ستخرج بالكتاب عن طبيعته ، أضف الى ذلك أن معارفنا عن تشريح النباتات الوعائية عامة ، والنباتات كاسيات البذور خاصة يعتورها النقص . ولذلك فمن المستحيل أن نعرض من البيانات ما يشمل كل الحقائق والمظاهر التركيبية التى قد يقابلها الطالب فى مستقبل دراسته . أضف الى ذلك أن المؤلفين يعتقدان اعتقادا راسخا أن على طالب علم التشريح النباتى أن لا يتعلم الحقائق أولا ، انما عليه أن يتعلم القدرة على الدرس أولا والثقة بنفسه على تناول التراكيب النباتية بالفحص ، وذلك بممارسة القدرة

على الملاحظة الدقيقة والتعليلات الصحيحة لذلك فليس هذا الكتاب مجموعة من البيانات .

ولا يتأتى التدريب على الدراسة المستقلة لعلم التشريح الا بالممارسة المعملية. ويعتقد المؤلفان أن ذلك لا يكون بالاعتماد على المحاضرات والدروس ولا على القراءة وحدها ، انما بالدراسة المعملية . ويتتبع هذا الكتاب الحقائق الأساسية والمصطلحات .. الخ . ما يلزم للدروس العملية ، ولا شك أن هذا الكتاب يحقق هذا الغرض . ويهيىء تتابع موضوعات الكتاب (على ما يعتقد المؤلفان وما تعلما من خبرتهما) يهيىء أفضل المناهج للدراسة المعملية ، وان ما أورده الكتاب من أمثلة ونباتات لشرح بعض الظواهر انما قصد به بيان عام لما يمكن أن تكون عليه مادة الدراســة ، وليس من الضرورى ولا من المرغوب فيه أن تستعمل نفس النباتات فى الفصول الدراســية ، والأفضل أن تستعمل النباتات التى يتيسر وجودها ثم مقارنتها بالوصف الوارد فى الكتاب والرسوم التى تضمنها ، يكون الدرس أقرب للفائدة . ويعتمد المؤلفان فى دروسهما على فحص عينات نباتية كثيرة تشمل كافة أوجه التباين فى التركيب الواحد . وبهذا يلم الطالب بأوجه التباين ومداها ، ويمارس القدرة على التعليل والشرح من كثرة الأمثلة التى درسها وتصبح له من بعد القدرة على تناول أى نبات جديد بالدرس والفهم .

وقد حرص المؤلفان على أن يتناول هذا الكتاب ، ليكون مرجعا ، معالجة مختصرة للحقائق الأساسية من هذا العلم ، وشرحا للمصطلحات ، وبيانا لمعلوماتنا الحالية ووجهات النظر .. الخ . مما يزيد من فائدته . أما البيــانات التفصيلية فموضعها المراجع الكبيرة ، ولو أن الغــالب أن توجــد فى مقــالات علميــة متخصصة . وقد اشتمل هــذا الكتاب أيضــا على شىء من نتــائج البحوث والدراسات التى قام بها المؤلفان والتى لم يسبق نشرها ، كما اشتمل على بعض من أفكارهما وآرائهما الشخصية .

وفيما عدا بعض الاشارات الى النباتات الدنيا ، فقد تناول الكتاب تركيب النباتات الوعائية وحدها ذلك لأن التركيب التشريحى للثالوسيات غالبا ما يتسم بالبساطة . ووسائل الدراسة ومصطلحات التعريف بالخلايا والأنسجة فى النباتات

الوعائية تنطبق على ما دونها من فصائل النبات ، وقد روعى فى اختيار الأمثلة والنماذج أن تمثل (على قدر الامكان) نباتات معروفة أو ذات أهمية اقتصادية .

ووجهة النظر الأساسية فى تناول موضوعات هذا الكتاب هى الوصف المورفولوجى أى وصف الشكل والتركيب.فالتشريح الفسيولوجى يأخذ الشكل فى الاعتبار ، ولكن بقدر ، ولكن يلزم أن تسبق أى دراسة تشريحية جادة ادراك العلاقات التى يتضمنها الشكل والبناء ولكنا فى هذا الكتاب تتناول فى تقص النواحى الفسيولوجية وعلاقات التركيب التشريحى بالنواحى التطبيقية وفى بعض الأحيان يكون تناول الموضوع شاملا . وسنرجع الى مبادىء علم الشكل المقارن كلما لزم ذلك لادراك التطور السلفى وللمعاونة على توضيح التراكيب المعقدة . ويعتقد المؤلفان أن كتابا يوضع على أساس الوصف المورفولوجى انما هو كتاب عظيم الفائدة . أما الدارس الذى يتخطى مرحلة الدراسة التمهيدية فى علم التشريح ، ليتجه الى الفروع التطبيقية كالأمراض والبستنة ، أو الى الفروع البحتة المختلفة ، فسيجد أن الادراك الشامل للتحورات والاختلافات المورفولوجية يقتضى تناول تاريخ التطور السلفى للتركيب الذى تتناوله الدراسة .

ولا يدعى مؤلفا هذا الكتاب أنهما أحاطا فيه بالتطور التاريخى لمعارفنا فى هذا العلم أو أى من أجزائه أو مراحله ، ولا أنهما أرجعا فيه فضل الاضافات العلمية البارزة الى أصحابها كأفراد . وقد كان نصب العين أولا عرض المعارف والآراء الحالية ، وثانيا عرض وجهات النظر الأخرى ويتناول الفصل الخامس عشر تاريخ علم التشريح النباتى ويعرض أهم النتائج التى توصل اليها العلماء البارزون الأقدمون فى مجالات هذا العلم وقد جاء هذا الفصل التاريخى فى ذيل الكتاب وذلك لأن فائدته للطالب المبتدىء تكون أعظم بعد أن يلم بما يحويه الكتاب من معارف .

ونظرا للغموض الذى أحاط بمصطلحات علم التشريح النباتى كان من اللازم فى كثير من الأحوال أن نشرح الاستعمالات المختلفة للمصطلحات . وقد كان الأساس الأول فى قبول المصطلحات فائدتها من الناحية المورفولوجية ، والثانى مراعاة الأسبقية ، وقد لزم فى بعض الأحوال شرح تاريخ استعمال المصطلح .

ولما كان هذا الكتاب كتابا تمهيديا وليس مرجعا للباحثين أو لطلاب الفرق المتقدمة ، فقد جعلنا قائمة المراجع فى أضيق الحدود . وجاء فى ذيل كل فصل بعض المراجع الحديثة والكتب المهمة وروعى أن لبعضها أهمية خاصة لما تضمنته من مراجع هامة ، فاذا رجع القارىء الى مثل هذه لوجد قائمة المراجع اتسعت . ومن الطبيعى أن يغفل فى مثل هذه الأحوال ، بعض الكتب الأساسية القديمة . كما جاء فى آخر الفصل الأول قائمة الكتب والمراجع العامة التى تتناول موضوعات متعددة ، ولم تذكر مثل هذه الكتب فى القوائم التى ذيلت بها الفصول الأخرى اكتفاء بذكرها فى هـــذا الموضع الأول واستثنى من ذلك المراجع التى تتناول موضوعات خاصة فى هذه الفصول .

وقد روعى ذكر النباتات باسمائها العلمية لا أسمائها العادية . يمكن الرجوع الى الأسماء العادية فى الفهرست أو الى أسماء الأجناس النباتية التى تنتمى اليها[١] .

ونلاحظ أن مصطلحى علم التشريح وعلم الهستولوجيا يســتعملان فى علم النبات الحديث على نحو غير محدد . على أن كثيرا من علماء النبات يعرفون دراسة التركيب الداخلى للنبات بأنها علم الهستولوجيا ، وهذا خلط يرجع الى أن علم الهستولوجيا يتناول تركيب الخلايا والأنسجة دون التراكيب الداخلية الكبرى كالعمود الوعائى ومسيرات الأوراق ، وكان النظر الى علم التشريح النباتى بأنه يتناول مثل هـــذه التراكيب الداخلية الكبرى . ولكن الواقع أن علم التشريح النباتى يتناول بناء الكائن وتركيبه العام والتفصيل من ناحية الشكل الخارجى والبناء الداخلى . أما علم الهستولوجيا فيتناول التركيب الدقيق للكائن ، ولذلك فهو جزء من علم التشريح والواقع أن دراسة التركيب الداخلى الدقيق وحدها لا تكفى لادراك معالم البناء فى جسم النبات . ولذلك فهذا الكتاب يتناول الصفات التشريحية بمعناها الذى يشمل الصفات الهستولوجية كجزء . ولذلك سمى كتاب فى علم التشريح النباتى .

أما ناحية علم الهستولوجيا التى تتنـــاول تركيب الخلية ، وخاصة صفات البروتوبلاست ، فهى ضمن علم الخلية الذى أصبح فرعا مستقلا من فروع العلوم

(١) ذكرت بعض النبـاتات باسمائهـا القديمـة مثل التفاح Malus pumila وهو يعرف الآن باسم Pyrus malus فسمى الجنس Pyrus بدلا من malus الذى اصبح اسما للنوع ، أما pumila فضرب منه — (المراجع)

البيولوجية ولذلك فلم يتناول هذا الكتاب النواحى الخلوية من علم التشريح الا ماكان منها ضروريا لفهم البناء الهستولوجى أى أنه لزم وضع حد لمدى الاستطراد الأخرى . وقد تناولنا البروتوبلاست فى اختصار الا تلك الفقرات التى تناولنا فيها الروابط البلازمية والبلاستيدات والمحتويات الخلوية الأخرى . وقد أغفل الكتاب انقسام النواه لأن العادة أن تتناوله الدروس الأولية فى علم النبـات كما تتناوله فى تفصيل مراجع علم الخلية . أما تركيب الجدار الخلوى فقد تناوله الكتاب فى تفصيل .

وقد أخذت الرسوم فى أغلب الأحوال من التحضيرات النباتية ذاتها ، وشرح الرسوم موجود فى الملاحظات المرفقة بها والرسوم جميعا — الا القليل — من عمل المؤلفين والسيدة « ريتا بالارد ايمز » ، وأن لها فضلا يشكره المؤلفان ، كما يود المؤلفان أن يخصا بالشكر زملاءهم على ما عاونوا به من نقد بناء .

أرثر ج . ايمز

لورانس هـ . ماك دانيلز

تقـــديم الطبعة الثانية

لقد حافظ المؤلفان فى هذه الطبعة الثانية على الأغراض التى استهدفاها فى الطبعة الأولى وهى وضع كتاب يعتبر مقدمة لعلم التشريح النباتى ليكون كتابا دراسيا لطلاب الجامعات أولاً وأساسا ثم ليكون من بعد ذلك مرجعا عاما . ولم يفت المؤلفين أن الحاجة تدعو أن تتضمن الطبعـــة الثانية قدرا أكبر من البيانات والمعلومات وأن تتناول بعض موضوعات هـــذا العلم مما لم تتناوله الطبعة الأولى ، مثال ذلك شمولها تفاصيل وافية عن نشأة المرستيم وتطوره ، ومناقشة لبناء الطفرات النسيجية ودلالتها . ولكن الواقع أن اضافة هذا كله تكاد أن تكون مستحيلة فى كتاب من هذا النوع والحجم .

ولقد اطردت الزيادة فى معارفنا عن بعض موضوعات علم التشريح النباتى منذ نشر الطبعة الأولى وخاصة نشأة جدار الخلية وتطوره وبنائه ، والمرستيمات واللحاء ، وتطور الورقة ، والأنسجة الفاصلة ، وتركيب الزهرة والثمرة . وقد أضاف المؤلفان فى الطبعة الثانية من هذه المعارف ما وجـــداه مناسبا لموضوع الكتاب . وقد زادت هذه الاضافات فى طول أغلب الفصول ورغبة فى المحافظة على حجم الكتاب فى صورته الأولى فقد حذفا الفصل الخامس عشر الذى تناول تاريخ علم التشريح النبـــاتى على ما فيه من طرافة ، ولكنهما رأيا أن فائدته غير أساسية للطالب .

وقد أدخل المؤلفان تعديلات على عدد قليل من المصطلحات التى استعملت فى الطبعة الأولى . ويرجع ذلك الى أن تركيب بعض الخلايا والأنسجة مثل اللحاء قد ازداد وضوحا عما كان عليه عام ١٩٢٥ ، كذلك لتتفق المصطلحات فى هذا الكتاب مع ما أقرته الجمعية الدولية للمشتغلين بتشريح الخشب . من مصطلحات وصف أنسجة الخشب .

ولا يسع المؤلفان الا أن يحمدا المعاونة التى لقياها فى اعداد المخطوط من الدكاترة انطوانيت م . ويلكنسون ، و هـ و . بلاستر . والا أن يذكرا بالشكر كذلك السيدة ريتا ب . ايمز لمعاونتها فى اعداد الرسوم وتجويدها ولاشرافهـا على اعداد المخطوط : والسيد و . ر . فيشر لمعاونته فى اعداد كثير من الصور الفوتوغرافية التى وردت فى الكتاب .

يوليو ١٩٤٧

أرثر ج . ايمز
لورانس هـ . ماك دانيلز

الفصل الأول

مقدمة عن تركيب الجسم النباتى

تختلف النباتات الوعائية فيما بينها اختلافا بينا ، فى نواحى الحجم والشكل والتركيب ، على أن هذه الاختلافات التى تشتمل أنماطا من الشكل متعددة ، ونماذج من التركيب متفاوتة التعقيد ، تتضمن منهجا تركيبيا واحدا يتميز بالبساطة . فالجسم النباتى يتكون أساسا من محور يحمل زوائد جانبية . وكثيرا ما تخفى كثرة الفروع وتعدد أنواع الزوائد ، بساطة هذا المنهج التركيبى .

الأجزاء الرئيسية فى جسم النبات :

يتكون المحـور من جزئين متصلين ، بالرغم من اختلافهما فى التركيب وفى الوظيفة ، وتميزهما الواضح فى الشكل الخارجى . جزء هوائى فى أغلب الأحوال ويسمى الساق . وجزء أرضى يسمى الجذر . أما الزوائد فهى على ثلاث مراتب تأتى الأوراق فى المرتبة الأولى ، وتدخل اليها الأنسجة الوعائية ، وهى زوائد تتميز بها الساق دون الجذر . وتنتظم الأوراق على الساق فى ترتيب محدد . وينطوى تركيبها الداخلى على تماثل واضح لهيكل المحور . ولذلك يمكننا أن نعتبر الورقة امتدادا جانبيا للساق ، موصولة بها ، مشتملة على كافة العناصر الأساسية التى تتكون منها الساق . أما زوائد المرتبة الثانية ، فتدخل فى تركيبها الأنسجة الخارجية للساق ، وهى القشرة والبشرة . تعرف هذه الزوائد بالشويكات كتلك التى نعرفها فى نبات الورد . وزوائد المرتبة الثالثة هى بروزات من الطبقة السطحية ، وتسمى الشعيرات . وتوجـد الشويكات والشعيرات على المحـور والأوراق ، وليس لمواضعها فى أغلب الأحوال ترتيب محدد .

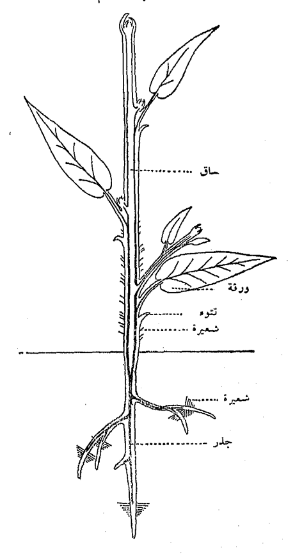
المحـور :

يتكون المحور من عمود مركزى تحوطه طبقات مغلفة له . ويؤدى العمود المركزى وظائف هامة ، فهو الدعامة ، وهو طريق النقل ، اذ يشتمل فى المحـور الناضج على النسيج الوعائى ، وعلى الجزء الأكبر من الأنسجة الدعامية . وقد سمى

الأسطوانة الوسطى أو العمود ، نسبة الى شكله وموضعه فى المحور ، أما الطبقة المحيطة ، فمن وظائفها الوقائية ، والدعم ، والتخزين وغير ذلك ، وتشمل القشرة والبشرة وهى الطبقة الخارجية .

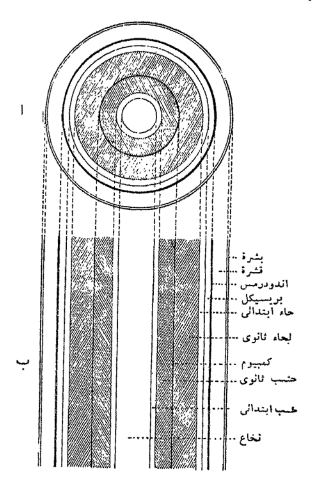
العمــود :

يتكون العمود أساسا من نوعين من الأنسجة الوعائية ، يختص واحد منهـا بتوصيل الماء وغيره مما يمتصه النبات من الأرض ، ويسمى الخشب ، ويختص الآخر ويسمى اللحاء،بتوصيل الغذاء المجهز،وربما ساهم فى نقل الأغذية المعدنية . ويوجد



(شكل ١)
رسم تخطيطى لنبات يبين الاجزاء الاسامية

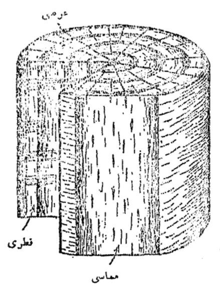
الخشب واللحاء معا فى أغلب الأحوال ، ويكونان عادة متجاورين فى أوضاع قطرية موحدة : اللحاء فى الخارج والخشب فى الداخل (شكل ٢) . وقد تنتظم هذه الأنسجة فى عمود مصمت ، أو أسطوانة مجوفة ، أو نطاق منتظم من الأشرطة (شكل ٦٦) ، أو مجموعة متفرقة من الأشرطة (وفى مثل هذه الأحوال يتكون كل شريط من خشب ولحاء) وفى الأحوال التى تحيط فيها الأنسجة الوعائية بنسيج من نوع يختلف عنها ، يكون فى الغالب رخوا ومفككا ، هو النخاع الذى يشغل الحيز الأوسط من المحور . ويوجد فى خارج الأنسجة الوعائية ، عدد محدود من طبقات الخلايا غير الوعائية ، هى الجزء الخارجى من العمود ، وتسمى البريسيكل . وغالبا ما تحد من الخارج ، بطبقة مفردة من خلايا متميزة التركيب تسمى أندودرمس . أى أن البريسيكل تغلف النسيج الوعائى على نحو ما تغلف القشرة العمود .



(شكل ٢)
رسم تخطيطى يبين تركيب المحور (ا) قطاع عرضى (ب) قطاع طولى

النمو الابتدائى والثانوى :

يتم بناء المحور ، بصفاته التركيبية وزوائده المختلفة التى أشرنا اليها ، نتيجة لنمو القمم النامية التى توجد عند أطراف المحور . ويسمى هذا الجسم النباتى الذى نشأ أولا ، بالجسم الابتدائى ، ذلك لأنه نتيجة للنمو المبكر أو ما يسمى النمو الابتدائى ، وتسمى أنسجته تبعا لذلك بالأنسجة الابتدائية ، فيقال الخشب الابتدائى لتلك الأنسجة الخشبية التى تكونت أولا . وفى كثير من النباتات الوعائية ، يدعم هذا الجسم الابتدائى نمو من طراز مختلف يسمى النمو الثانوى لأنه يبدأ بعد النمو الابتدائى،ويضيف اليه أنسجة جديدة تسمى الأنسجة الثانوية.



(شكل ٣)
رسم تخطيطى لاسطوانة من الخشب يبين مسطحات القطاع العرضى والقطرى والمماسى

ولا ينتج عن النمو الثانوى فى العادة أنواع جديدة من الخلايا ، وانما هى اضافات تزيد فى كتلة النبات ، وخاصة أنسجته الوعائية ، مما يتيح مزيدا من خلايا التوصيل والتدعيم والوقاية . ولا يغير النمو الثانوى الأساس التركيبى للجسم الابتدائى . فالنمو الابتدائى يزيد المحور طولا ، ويبنى نظام التفرع ويكون الزوائد المختلفة ، أى أنه ينشىء الأجزاء الجديدة أو الصبية فى جسم النبات . وعندما يتم تكوين هذه الأجزاء وتصل الى تمام امتدادها ، يأتى دور النمو الثانوى فيزيدها تغليظا ، أى زيادة فى طول القطر .

تنشأ الأنسجة الثانوية عن طبقة نمو خاصة ، هى الكمبيوم ، تتكون بين الخشب الابتدائى واللحاء الابتدائى ، وتبنى خشبا ولحاء جديدين لصيقين للأولين . ولذلك فأنسجة الخشب واللحاء الثانوية ، تتكون ضمن اطار الأسطوانة الوسطى ، يحدها اللحاء الابتدائى من الخارج والخشب الابتدائى من الداخل . وما يزال هذا الخشب الجديد يغلف الخشب الابتدائى والنخاع ، حتى يتم الاحاطة به دون أن يغير من هذا التكوين الابتدائى الداخلى ، انما يطمره دون أن يسحقه . أما اللحاء الابتدائى ، وغيره من الأنسجة فى خارج الكمبيوم ، فما يزال النمو الثانوى يضغطها الى الخارج حتى يشوه كيانها أو يسحقها . ونذكر فى هذا المقام أن النمو الابتدائى

فى منطقة بعينها ، قد يتم فى مدى قصير نسبيا ، بينما يستمر النمو الثانوى وقتا أطول ، وفى النباتات المعمرة ، قد يظل النمو الثانوى طول الحياة .

تركيب جسم النبات :

الجذر والساق والأوراق هى أعضاء النبات ، وينهض كل منها بوظائف عامة ، توائمها أنواع الأنسجة وتوزيعها وانتظامها فى كل عضو . أما الأنسجة ، فلكل منها وظائف خاصة ، تحددها أنواع الخلايا الداخلة فى تركيبها — لذلك يمكن القول بأن جسم النبات يتكون من خلايا تتجمع على هيئة أنسجة ، وتنتظم الأنسجة على هيئة أعضـــاء .

طرق دراسة تشريح النبات :

الطرق الرئيسية لدراسة التكوين التشريحى الدقيق لجسم النبات ، هى اعداد قطاعات رقيقة فى أجزاء النبات،أو معالجة النسيج النباتى،بما يفصل الخلايا عن بعضها البعض وييسر دراستها . على أن الاستيعاب الكامل للتركيب المعقد الذى تتسم به أغلب أجزاء النبات ، يستلزم دراسة قطاعات متعددة الاتجاهات . ففى المحور ، وهو تركيب أسطوانى — يمكن دراسة القطاعات على اتجاهات ثلاثة ، كل منهـــا يتخذ وضعا عموديا على الاتجاهات الأخرى . يكون أحد القطاعات عموديا على الاتجاه الطولى للمحور ويسمى القطاع العرضى ، واثنان يكون اتجاههما موازيا لطول المحور ، أى أنها قطاعات طولية . يمر أحد هذين القطاعين بالمركز أى يطابق مسطحا قطريا ، ويمر الآخر فى اتجاه عمودى على هذا القطاع ويكون عموديا على المسطح القطرى (شكل ٣) — وتسمى القطاعات الثلاثة على التوالى : قطاع عرضى ، قطاع طولى قطرى (مركزى) ، وقطاع طولى مماسى .

مراجع عامة
لجميع فصول الكتاب

General References for Use with All Chapters

BONNIER, G., and LECLERC DU SABLON : "Cours de botanique", Paris, 1905.

DE BARY, A. : "Comparative Anatomy of the Phanerogams and Ferns", Engl. transl., Oxford, 1884.

BOWER, F. O. : "Size and Form in Plants (with Special References to the Primary Conducting Tracts)", London, 1930.

COMMITTEE ON NOMENCLATURE, INTERNATIONAL ASSOCIATION OF WOOD ANATOMISTS : Glossary of terms used in describing woods, *Trop. Woods*, **36**, Dec., 1933.

FOSTER, A. S. : "Practical Plant Anatomy", New York, 1942.

GUILLIERMOND, A. : "The Cytoplasm of the Plant Cell", Engl. transl. by L. R. Atkinson, Waltham, Mass., 1941.

HABERLANDT, G. : "Physiological Plant Anatomy", Engl. transl., of 4th Germ. ed., London, 1914.

———: "Physiologische Pflanzenanatomie" 5th Germ. ed. Leipzig, 1918.

HAYWARD, H. E. : "The Structure of Economic Plants", New York, 1938.

JEFFREY, E. C. : "The Anatomy of Woody Plants", Chicago, 1917.

SHARP, L. W. : "Fundamentals of Cytology", New York, 1943.

SIFTON, H. B. : Developmental morphology of vascular plants, *New Phyt.,* **43,** 87-129, 1944.

SOLEREDER, H. : "Systematic Anatomy of the Dicotyledons" Engl. transl., Oxford, 1908.

———, and F. J. MEYER : "Systematische Anatomie der Monocotyledonen", Berlin. I, 1928; III, 1929; IV, 1930; VI, 1933.

STRASBURGER, E. : Histologische Beiträge", III, Jena, 1891.

TROLL, W. : "Vergleichende Morphologie der höheren Pflanzen. I. Vegetatsionsorgane". Lief. 1. Berlin, 1935.

TSCHIRCH, A. : "Angewandte Pflanzenanatomie", Vienna, 1889.

VAN TIEGHEM, P. : "Traité de botanique", Paris, 1891.

الفصل الثانى

الخليـــة

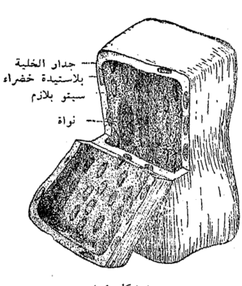
تتكون النباتات والحيوانات من مادة حية تسمى البروتوبلازم ، كما تدخل فى تكوينها افرازات هذه المادة . وجسم الكائن الحى بناء بروتوبلازمى يتميز — الا فى الكائنات البسيطة — بتركيب عضوى معقـد ، اذ يتكون من أجزاء أو وحدات مستقلة على اختلاف درجات الاستقلال . هذه الأجزاء هى الخلايا ، وهى وحدات متميزة من ناحيتى التركيب والوظيفة ، ويرجع التميز التركيبى الواضح ، وخاصة فى الخلايا النباتية ، لوجود طبقة خارجية ، هى الغلاف أو جدار الخلية . والجدار فى الخلية النباتية متماسك ، وكثيرا ما يكون متينا وغليظا ، أما فى الخلية الحيوانية فهو رقيق أو غير موجود . ومن أسباب التميز الوظيفى للخلايا ، وجود طبقة بروتوبلازمية ذات صفات خاصة تغلف المادة الحية فى الخلية وتبطن الجدار وتسمى الغشاء البلازمى . أما جدار الخلية فيغلف الوحدة البروتوبلازمية ويفصلها عن الوحدات البروتوبلازمية فى الخلايا المجاورة ، على أن هذا الانفصال غير تام ، اذ توجد فى الجدار ثقوب صغيرة ، تمتد خلالها خيوط بروتوبلازمية تسمى الروابط البلازمية ، وتصل بين المادة الحية فى الخلايا المتجاورة . لذلك فالبنـاء البروتوبلازمى للكائن ، نظام حى متصل ومتماسك ، رغم الجدران التى تفصل بين الخلايا .

استعمالات كلمة « خلية » :

اختلف مفهوم كلمة خلية ، ففى بعض الأحيان يقصد بها البروتوبلازم والجدار معـا ، وفى بعض الأحيان لا يدخل الجدار فى الاعتبار . فالدارسون الأوائل لتشريح النبات لم يتبينوا ، بأدواتهم محدودة القدرة على التكبير ، الا خلايا ذات جـدران غليظة وأطلقوا عليهـا الخلايا ، أو الفتحات ، أو المثانات ، وقالوا عن محتوياتها العصير الغذائى . وقد كان الجدار هو الجزء البارز فى هذه الفجوات .

ولما اتضح أن المحتوى الخلوى جزء جوهرى ، صار الاتجاه الغالب هو اطلاق كلمة « الخلية » على الجزء البروتوبلازمى وحده . على أن المفهوم الأعم لكلمة الخلية هو الجزء البروتوبلازمى والجدار معا ، لأنهما يمثلان وحدة تركيبية واضحة المعالم ، ولو أننا قصرنا مفهومها على الجزء البروتوبلازمى (البروتوبلاست) فقط ، لما وجدنا كلمة تطلق على الوحدة التركيبية التى تشمل الجدار الخلوى أيضا . حتى أن كلمة الخلية تطلق أحيانا على وحدات تتكون من الجدار فقط ، مثال ذلك القصيبات التى ذهبت مادتها الحية ، وأصبح مكانها خاليا هو فجوة الخلية . والأفضل أن تستعمل كلمة الخليـة كمصطلح علمى يعنى المـادة الحيـة (البروتوبلاست) والجدار الخلوى معا ، ذلك لأن قصرها على أحدهما دون الآخر تشوبه المصاعب كما يشوبه الغموض ، ولأن الارتباط بين عنصرى الخلية وطيد . والواقع أننا لم نصل بعد الى تبين مغزى هذا الارتباط الوثيق بين البروتوبلاست والجدار . فربما يتضح أن لجدار الخلية الحية طبيعة بروتوبلازمية وليس افرازا خارجيا للبروتوبلاست . واستعمال كلمة الخليـة ، بهـذا المدلول الذى يشمل البروتوبلاست والجدار ، استعمال أرحب من التعريف المتواتر « الخلية هى جزء من مادة البروتوبلازم يتسم بالتنظيم العضوى والاستقلال المحدود ، ويكون وحدة تركيبية فى الكائن الحى » . على أن من الأفضل استعمال كلمة الخلية فى دراسـات التشريح النبـاتى بمعناها الواسع الشامل غير المحدد ، وسندرج فى هذا الكتاب على استعمالها بهذا المعنى .

تباين التركيب الخلوى فى النباتات



(شكل ٤)

(رسم توضيحى لخلية ناضجة من خلايا النسيج الوسطى فى ورقة نبات الذرة تبين الخلية مفتوحة لتظهر الفجوة الوسطى التى تملؤها العصارة الخلوية والنواة والبلاستيدات المطمورة فى السيتوبلازم الجانبى والجدار رقيق)

كانت الكائنات البدائية ولا شك وحيدة الخلية أو لعلنا نسميها غير ذات خلايا . أما أجسام الكائنات الراقية فهى متعددة الخلايا ، والخلايا تحدها الجدران . وربما كان الواقع أن الجدران تفصل مناطق نشاط النوى ، ومن المؤكد أن هذه الجدران تحفظ وتدعم الوحدات البروتوبلاستية والكائن جميعه . والظاهر أن لوجود الجدران أهمية عظيمة من ناحيتى التماسك الآلى ، والتخصص الفسيولوجى ، وخاصة فى أجسام النباتات الضخمة . ومن الواضح أن مواءمة الحياة الأرضية وظروف البيئة الهوائية ، والمحافظة على الجسم النباتى الباسق فى مثل تلك الظروف التى لا تناسب البروتوبلازم ، قد انتهت الى تخصص الخلايا على أوجه متعددة وخاصة فى بناء الجدران ذات الصفات الخاصة .

ومن هذا ما نلاحظه فى النباتات الراقية من تعدد أنواع الخلايا واختلافها فى الوظيفة والتركيب والتنظيم وفى بناء الجدران . فهناك تباين فى الخلايا من ناحيتى التركيب والوظيفة ، وتباين فى علاقات الخلايا بعضها ببعض ، وتباين فى نسق انتظام الخلايا والتئامها فى مجموعات بينها صلات ولها علاقة بجسم النبات جميعه . هذه الأمور تسم التنظيم الخلوى فى النباتات الراقية بالتعقيد ، حتى ليمكن أن يقال بصفة عامة ، أن تعقد البناء الخلوى فى جسم النبات يتناسب مع مرتبته فى السلم التطورى .

انتظام الخلايا :

ينشأ انتظام ترتيب الخلايا من تتابع انقسامها فى مستوى واحد (انظر شكل ٤١ وشكل ٩٢) . وتتميز بهذا الانتظام الأنسجة الثانوية التى نشأت عن الكمبيوم

واضرابه (انظر الفصل الرابع) ، وهذا الانتظام صدق فى الأنسجة الأولية وخاصة فى أنسجة النخاع والقشرة . على أن أغلب الأنسجة الأولية ، لا تنتظم خلاياها فى مثل هذا الترتيب ، بل وتفقد الأنسجة الثانوية فى بعض الأحيان انتظامها مع تتابع مراحل النمو . ومهما يكن من أمر انتظام الخلايا ونشأتها،فان أية مجموعة من الخلايا قد تلتئم فى تلاصق موصول ، أو أن تكون الخلايا متباعدة على نحو ما ، تاركة بينها مسافات بينية (انظر شكل ٤٣ وشكل ١٧٣ ب) . وتختلف أشكال هذه المسافات باختلاف ترتيب وأشكال الخلايا المحيطة بها ، وتختلف أيضا فى مدى اتصالها ، وفى كثرتها العددية ، وفى اتساعها الذى يتراوح بين الحجم المجهرى الدقيق والمسافات الكبيرة التى تجعل النسيج رخوا أسفنجيا خفيفا (انظر شكلى ١٤٩ و ١٨٣) . وتسمى مثل هذه المسافات الكبيرة الغرف الهوائية ، أو القنوات أو الفجوات . وهى تسميات لا يتسم استعمالها بالدقة والتحديد ، فالمسافات الكبيرة يقال لها الغرف ، والمسافات المستطيلة يقال لها القنوات .

وتنشأ المسافات بين الخلايا بطريقتين . الأولى أن تنفصل الجدران المتلاصقة ثم تنفسح الأجزاء المنفصلة ، بأن تنقبض أو تتزحزح متباعدة ، وتسمى مثل هذه المسافات بالانفصالية ، وأمثلتها القنوات الراتنجية فى نبات الصنوبر (انظر شكل ٥٥ ب) والمسافات الكبيرة التى تتخلل البرنشيمة الهوائية فى نبات (دكدون)[1]. أما الثانية ففراغات بينية ، تنشأ عن انقراض الخلايا تاركة فى موضعها حيزا . وتسمى المسافات الانقراضية . ومن أمثلتها الفجوات الزيتية فى ثمار الموالح (انظر شكل ٥٥ ج) . وربما تنشأ بعض الفراغات بالطريقتين معا ، ويقال لها المسافات الانفصالية الانقراضية ، ومن أمثلتها بعض فجوات الخشب الأول (انظر شكل ٦٤ ج) . وفى بعض الأحيان لا تتسم المسافات البينية فى منطقة ما بالانتظام فى الحجم أو الشكل أو فى ترتيب الخلايا المحيطة بها ، وفى أحيان أخرى ، يكون لها نظام يجعل لها مظاهر تركيبية واضحة فى بناء النسيج أو العضو ، ومثال ذلك أن يكون حول المسافات جدران أو طبقات من الخلايا تحددها وتدعمها ، ومثال ذلك الحجب التى تفصل بين الحجرات الهوائية فى النباتات المائية . وتكون المسافات البينية عامة جهازا منتظما ، وربما كان من الناحية الوظيفية جهاز التهوية أو التوصيل .

(١) Decodon

والأنواع الخاصة من المسافات البينية ، مثل القنوات والأنابيب ، تحيط بها خلايا مرتبة بنظام ، تشبه البطانة الطلائية .

شكل الخليـة :

لما كان البروتوبلازم مادة شبه سائلة ، فان الخلية قد تتخذ شكلا كرويا لو أنها كانت حرة مستقلة عما يجاورها . أما اذا كانت الخلايا المتجاورة صبية متشابهة فى الشكل متقاربة فى السن نامية فى الحجم ، فان ضغط بعضها على بعض يجعل للخليـة شكلا عديد الأوجه ويسـاوى بين أقطارها . ولكن اسـتمرار النمو والتخصص الذى تتخذه الخلية أو مجموعة الخلايا التى تنهض لوظيفة معينة ، يسبب تباينا عظيما فى هيئات الخلايا وصورها،فيكون منها البيضى ، وشبه البيضى، والأسطوانى ، والمستطيل ، والمضلع ، والمفلطح ، والليفى ، والنجمى ، والمفصص ، والمتفرع . على أن هناك نوعين رئيسيين هما شبه الكروى ، وعديد الأوجه ، وتكون الأقطار متساوية أو قريبة من التساوى ، أو أن يكون أحـد الأقطار أضعاف غيره ، فيقال عن الخلية مستطيلة . والمراتب الوسيطة بين هذين النحوين عديدة .

أما الخلايا غير المتخصصة ولا المتميزة ، والتى توجد عادة فى جماعات متصلة يحوط بعضها بعضا ، حتى ليكون على الخلية ضغط جيران من نوعها ، فانها عادة تتخذ شكلا ذا أربعة عشر وجها.وهو شكل قريب مما يسمى الأربعشرى السطوح، وهو شكل تتمثل فيه صفات الحجوم المتساوية فى الحساب الرياضى ، اذا كانت سطوحها أقل ما يمكن ، بحيث تملأ حيزها دون أن تترك فيما بينها فراغات . لهذا الشكل أربعة عشر سطحا،منها ثمانية سداسية الأضلاع،وستة منها رباعية الأضلاع. والواقع أن الخلايا النباتية قد لا توجد على هذه الهيئة المنتظمة قط ، ولكن الخلايا البرنشيمية التى تنتظم فى النخاع على هيئة العمد ، قد تكون قريبة الشبه بذلك الشكل الرياضى . فالخلايا السطحية من مثل هذه المجموعات من الخلايا يكون للواحدة — فى المتوسط — أحد عشر سطحا . ولخلية البشرة مثل هذا العدد من سطوح التقابل مع الخلايا المجاورة . وعندما توجد المسافة البينية ، يقل عدد سطوح التقابل ، وكلما كبرت المسافات قل عدد هـذه السطوح . أما اذا تجمعت خلايا من نوع واحد على اختلافها فى الحجم ، فان للكبيرة منها عادة أكثر من أربعة عشر وجها ، ويكون للصغيرة عدد دون ذلك من الأوجه . ويتوقف شكل

الخلايا الناشئة على شكل الخلية الوالدة ، وعلى اتجاه سطح الانقسام ، وعلى عدد الانقسامات .

حجم الخليـة :

حجم الخلية كشكلها متباين دون أن يكون لذلك علاقة بوظيفة الخلية . والخلايا المتناهية الصغر لا توجد عادة فى النباتات الراقية . يتراوح طول القطر العرضى للخلية البرنشيمية ، ذات الوظائف العـادية والبروتوبلازم الطبيعى ، يتراوح بين ٠١ر٠ و ١ر٠ مليمترا . أما فى النخاع وفى الثمار الطرية ، فقد يصل قطر الخلية البرنشيمية الى المليمتر ، وعندئذ تمكن رؤية الخلية بالعين المجردة . أما ألياف الخشب واللحاء ، فتتراوح أطوالها بين ١ و ٣ مليمترات فى كاسيات البذور ، وبين ٢ و ٨ مليمترات فى عاريات البذور . أما أليـاف القشرة والبريسيكل واللحاء الابتدائى ، فهى فى الغالب أطول من ذلك ، ولهذا الطول قيمة اقتصادية خاصة ، مثال ذلك ألياف الكتان والقنب . وتبلغ ألياف بعض نباتات الفصيلة الحريقية [١] ونباتات الفلقة الواحدة[٢] ، أطوالا عظيمة تتراوح بين ٢٠ و ٥٥٠ مليمترا . وأكبر الخلايا هى اللبنيات ، التى تكون جهازا متفرعا وممتدا فى جسم النبات ، (انظر الفصل الرابع) . على أن مثل هذه الخلايا اللبنية ، قد لا تكون خلايا مفردة . أذ هى عبارة عن مدمج خلوى ، ويكاد يمتد بها النمو دون حد . أما أوعية اللبن النباتى ، فتتكون من خلايا ، تم بينها الاتصال خلال تطورها الذاتى .

تكوين الخليـة :

تنشأ الخلايا بانقسام خلايا سبقت أو كتل بروتوبلازمية ذات نوى . وانقسام الخلية عملية معقدة تفضى الى انشطار السيتوبلازم والنواه الى جزئين متساويين عادة . وليس للجدار دخل مباشر فى هذا الانشطار . وعندما يحدث الانقسام لا يتيسر تمييز الأغشية البلازمية والمادة بين الخلوية ، ولذلك لا يمكن تحديد سطح الانفصال بين الخلايا حديثة النشأة ، أو أن تحديده عسير جدا . ولكن الجدران الجديدة سرعان ما تظهر كأغشية رقيقة عند هذا السطح . أى أن جدران الخلية

---

(١) Urticaceae

(٢) Monocotyledons

تبدأ نشأتها فى هذه المراحل المبكرة . وسرعان ما تنمو الخلايا الناشئة وتكبر حتى لتصل الى حجم الخلايا الوالدة .

وتتشابه الخلايا الصَّبِيَّة فى الشكل والحجم ، وهى بعد بسيطة التركيب ، أما الخلايا الناضجة فمختلفة ، فالأشكال المتميزة والتراكيب المعقدة والحجوم الكبيرة لا توجد فى الخلايا الصبية . ويتضمن نمو الخلايا زيادة فى الحجم واتخاذ الأشكال والتراكيب الخاصة . ونظرا لأن الجدار ينشأ فى المراحل المبكرة لنشأة الخلية ، فان هذه التغيرات التى يحدثها النمو تشمل البروتوبلازم والجدار الخلوى معا . والواقع أن البروتوبلازم هو الجزء النشط ، وهو الذى يسبب التغير ويستجيب الجدار له . والصفات الطبيعية والكيميائية للجدار تتيح له فى مراحل النمو أن يتواءم مع تلك التغيرات ، وعندما تصل الخلية الى تمام مرحلة النضج يصبح الجدار ثابتا . أما مراحل نضج البروتوبلاست فتتضمن تغيرات كثيرة نذكرها باختصار : يصبح حجم النواه النسبى — أى بالنسبة لحجم الخلية — صغيرا : ويصبح السيتوبلازم أرق قواما وحبيباته أقل ، ويبدأ ظهور الفجوات العصارية وهى صغيرة متفرقة فى أول الأمر ، ثم تتصل فى أغلب الأحيان مكونة فجوة وسطية كبيرة تدفع السيتوبلازم الى جوانبها بمحاذاة الجدار،أما اذا كانت الفجوات موجودة أصلا فى الخلية الوالدة على نحو ما يوجد فى خلايا الكمبيوم وتاجها ، فيتضمن التغير شكل الفجوات وأحجامها ، ويزداد حجم البلاستيدات وأعدادها ، وربما نشأت أنواع خاصة من البلاستيدات . أما مراحل نضج الجدار فتتضمن اتساع الرقعة وازدياد الثخانة ، وما يتبع ذلك من تعقد الشكل ، وتغير التركيب الكيميائى والصفات الطبيعية ، على نحو ما سنفصل فيما بعد .

انتظام الخلايا أثناء النمو :

كثيرا ما يسبب النمو تغيرات فى صلات الخلايا وأوضاعها بالنسبة لبعضها البعض . وقد يؤثر هذا التغير على سطوح الخلية جميعا ، أو يؤثر على مواضع منها . وفى كثير من الخلايا لا تتساوى أجزاء الجدار فى سرعة النمو ، وفى المساحات التى يكون نموها أسرع وأعظم ، يكون التغير فى الصلات بين الخلوية أشد . وتكون الخلايا الخاصة أو ذات الأشكال والأحجام المتطرفة — مثل خلايا الأوعية الخشبية الكبيرة ، والألياف وبعض أنواع الخلايا الحجرية — يغير صلات

الخلايا تغييرا شديدا ، ومن ذلك أن تمتد أطراف الخلايا أو فصوصها بين الخلايا الملاصقة أو المجاورة أو تمتد الى الغرف البينية . أما خطوات هذه التغيرات فلم يتم فهمها بعد ، فالصلات الجديدة التى تنشأ نتيجة لامتداد أطراف الخلايا ، تقتضى انفصال جدران الخلايا ، أى أن المواد التى تلصق الخلايا اما أن تتغير أو تزول . كذلك تتمزق الروابط البلازمية وتتفرق مساحات النقر الابتدائية وربما النقر المزدوجة التى أوشك أن يتم تكوينها .

تختلف الآراء فى شأن نشأة الصلات الجديدة بين الجدران . وقد كان الشائع وصف النمو الانزلاقى كأساس لهذا التغير . ثم كان الكلام حديثا عن النمو الانحشارى،والنمو التوافقى كبديلات جزئية أو كلية ، عن فكرة النمو الانزلاقى. على أن واقع التغيرات فى الخلايا العديدة يتضمن الأنواع الثلاثة .

والمقصود بالنمو الانزلاقى أن ينزلق جدار خلية ما — أثناء نموها — على جدران خلية ملاصقة،ويكون الانزلاق على سطح الاتصال ، وبذلك تنشأ مساحات اتصال جديدة ، لم تكن موجودة أصلا بين هذه الخلية والخلايا المجاورة والقريبة . والمفروض أن هذا النمو يتضمن حركة فعلية ، وأن الجدار يمتد وتتسع مساحته اتساعا يشمل حيزا كبيرا منه ، أو يشمل الجدار جميعا ، وتنتج عن ذلك حركة انزلاق وتمدد . ومن أمثلة هذا النمو الانزلاقى :

(ا) تكوين خلايا جديدة من الكمبيوم تتيح زيادة قطر طبقته ، وأن حجم وشكل ووضع هذه الخلايا الجديدة ليدل على نمو جدران الخلية جميعا ، وعلى انزلاق الخلايا واحداث سطوح اتصال جديدة (انظر شكل ٩٨) .

(ب) نشأة خلايا اللحاء والخشب الناضجة من الكمبيوم ، وفيها تشاهد المساحات النقرية غير المتقابلة فى خلايا اللحاء ، والنقر المفردة فى خلايا الخشب مما يدل على النمو الانزلاقى . وامتداد الفصوص والفروع فى بعض أنواع الاسكلريدات مثال للنمو الانزلاقى لأجزاء من جدار الخلية .

ويقال أيضا ان النمو الانزلاقى يعلل الحالات المتطرفة لتغييرات الاتصالات الخلوية ، والتى يسببها اندفاع الخلايا بقوة الضغط الى مواضع جديدة ، أو أشكال شاذة (انظر شكل ٤٦ د) . ومثال ذلك ما ذكرناه عن نمو الخشب الثانوى

وما يصاحب نمو أوعيته من تغيير فى انتظام الخلايا . وفى حالة الخشب مسامى الحلقات[1] (مثل البلوط) ، قد يسبب الازدياد الكبير والسريع فى حجم العناصر الوعائية ضغط الخلايا الصغيرة المجاورة والقريبة أو مطها أو تمزيقها أحيانا ، (انظر شكل ١٩٢) . وتتخذ هذه الخلايا أوضاعا جديدة ، وتشغل سطوح اتصال بالخلايا المجاورة مساحات كبيرة من جدرانها . وانزلاق الخلايا بعضها فوق البعض وسيلة جلية لتغير أوضاعها . ولكن بعض التغيرات الخاصة لا يمكن أن ت باستمرار النمو ، وقد قيل فى تعليلها ان الخلايا الصغيرة تنقسم وتتضاعف ، ول لم يقم على ذلك دليل من المشاهدة ، وحتى ذلك التعليل لا يشرح الأشكال المتطرفة فى الشذوذ .

أما فكرة النمو الانحشارى ، فتفترض المط غير المتكافىء لأجزاء الجدار ، أى أن الزيادة فى حجم الخلية زيادة موضعية وليست شاملة ، وينتج عن مثل هذا الوضع ، بروز الأجزاء المستحدثة الى ما بين الخلايا المتاخمة،وامتدادها فى المسافات البينية . أما أجزاء الخلايا الأخرى التى نشأ الاتصال بينها وبين الخلية النامية ، فقد تكون بدورها فى نمو وتمدد ، وقد لا تكون . فى هذا النوع من النمو لا يفترض حدوث انزلاق حقيقى ، والاتصالات الخلوية الجديدة ، تتم بين مساحات مستحدثة من الجدار الخلوى . وقد سميت استطالة أطراف الألياف والقصيبات والعناصر الوعائية نموا انحشاريا ، ولكن يبدو أنها نمو انزلاقى أكثر مما هو انحشارى ، أو أنه نمو يجمع بينهما . ومن الأمثلة البارزة للنمو الانحشارى المطرد تكون الخلايا اللبنية فى الأعشاب اللبنية (الفصيلة العشارية[2] والفصيلة الأبوسينية)[3] اذ يستمر امتداد أطرافها النامية ، حتى لتطل مواضع هذه الأطراف فى المرستيمات الطرفية فى النبات جميعه .

ولا شك أن أكثر النمو الانزلاقى والانحشارى يحدث والخلايا صبية نامية ، ولكن يظهر أن بعض هذا النمو ، قد يحدث بعد أن تدخل الجدران مراحل النضج. ففى الخشب الثانوى ، قد تنفصل الخلايا المتلاصقة بعد أن يبدأ تكوين الجدران الثانوية والنقر ، بدخول أطراف خلايا نامية من جيرانها فيما بينها . وتصبح مثل

---

(١) ring-porus wood

(٢) Asclepiadaceae

(٣) Apocynaceae

هذه النقر عاطلة . وعندما يتم نضج الخلايا يقال لها نقر مكفوفة أو بينية أى نقرة فى جدار خلية ليس لها ما يقابلها فى جـدار الخلية المتاخمة . وربما أطلت النقرة المكفوفة على مسافة بينية تفصلها عن نقرتها الزميلة . ونذكر فى هذا الصدد أن النقر المزدوجـة غير المكفوفة قد تبـدو فى القطاعات (تحت المجهر) كأنهـا مق الجدار جزئيا ، ويرجع هذا الى أن القطاع مر بالنقرة فى اتجاه مائل . ونذكر أن النمو الانحشارى ، قد يفضى الى تغضن جدار طرف الخلية المندفع .

أما النمو التوافقى ، فيقصد به نمو جماعة من الخلايا الصبية نموا يشملها جميعا، مع توافق فى الانتظام والشكل بين أفراد المجموعة كافة . فى هذه الحالات ينمو جدار الخلية كله . وتتخذ الخلية أشكالا جديدة وأوضاعا جديدة ، دون أن يتضمن ذلك صلات جديدة،لم تكن من قبل ، ولا حركات انزلاقية أو انحشارية .فمجموعة الخلايا تنمو معا وجدرانها متلاصقة لا تنفصل ولا يتغير نظام اتصالها ، انما توائم الخلايا بين أشكالها وحجومها والضغط والجذب الذى ينشأ عن نموها . ولاختلاف سرعة انقسام الخلايا وسرعة نموها أثر كبير على النمو التوافقى . ومن أمثلة هذا النمو التوافقى ، نمو الخلايا الناتجة عن المرستيم الطرفى .

ولا شك أن الأنواع الثلاثة موجودة . فالنمو التوافقى يميز مجموعات الخلايا أو كتلها فى مراحل النمو المبكرة . وقد تواترت الأدلة على حدوث النمو الانزلاقى فى أمثلة متعددة من الأنسجة . ولا شك أن الفرق بين النمو الانزلاقى والنمو الانحشارى فرق فى المدى وليس فى النوع ، ويعتمد التمييز بينهما على تعريف ماهية طرق نمو الخلية . فاذا اقتصر النمو على جزء صغير عند قمة الخلية ، ينمو وينشىء مواضع التقاء جديدة بينه وبين الخلايا المجاورة،سمينا ذلك نموا انحشاريا، أما اذا كان النمو فى منطقة من الخلية غير طرفها ، فان ذلك يستلزم حركة من النوع الانزلاقى .

البروتوبلاست

تشتمل الخلية على جزئين مختلفين فى التركيب وفى الوظيفة : جزء وسطى هو البروتوبلاست ، وجزء يحوطه هو جدار الخلية . والبروتوبلاست هو الوحدة الخلوية من مادة البرتوبلازم ، التى يتكون منها الكائن الحى . ويمكننا أن نصف البروتوبلاست بأنه وحدة بروتوبلازمية منظمة ، تحوى تراكيب بروتوبلازمية من

أنواع مختلفة ومحتويات غير حية ، بعضها عضوى وبعضها غير عضوى ، ومنها حبوب النشا ، وكريات الزيت ، وحبيبات البروتين ، وأنواع عديدة من البلورات وكذلك العصير الخلوى . وتعرف هذه المواد غير البروتوبلازمية بالنواتج الأيضية. وكثيرا ما تعتبر هذه المواد خارجة عن البروتوبلازم ، ولكن الواقع أنها تكون وحدة من الوحدات التى تكون البروتوبلاست،فهى على أقل تقدير ضمن محتوياته، أضف الى ذلك وجود علاقة وثيقة بين هذه المواد والمناشط الفسيولوجية للبروتوبلاست . أما الجدار فيعتبر عادة كجزء واضح متميز من البروتوبلاست ، ويجوز أن يكون انفصالهما هذا موضع شك ، وسنتناول بالتفصيل فيما بعد — عند الكلام على طبيعة الجدار — موضوع العلاقة بين الجدار والبروتوبلاست .

تركيب البروتوبلاست :

يشتمل البروتوبلاست عادة على جزء واضح المعالم يسمى النواة ، هى جزء صغير نسبيا ، لها فى الغالب شكل كروى أو شبه كروى أو قرصى ، ولها أهمية بالغة فى مناشط الخلية . وفى بعض الأحوال الخاصة كالخلايا المستطيلة أو الضيقة ، يكون للنواه أشكال متطرفة كأن تكون شريطية أو مغزلية أو دودية . ويكون لبعض الخلايا نواتان أو أكثر ، على أن كثيرا من الأحوال التى قيل فيها بوجود مثل هذه الخلايا (وخاصة فى مناطق المرستيمات الطرفية والكمبيوم ونواتجها) شابها قصور فى دراسة الخلايا . أما الجزء الباقى من المادة البروتوبلازمية ، فيسمى السيتوبلازم ، وبه أجزاء متباينة التخصص تقوم بوظائف منفصلة .

غشاء البلازمة :

تحدد سطح السيتوبلازم وتغلفه طبقة متناهية الرقة (تحت مجهرية الثخانة) تسمى غشاء البلازمة ، وتشبه بالغلاف الذى يحدد قطرة من الماء ، والذى يكون سطح طبقة من الماء الساكن،فيعطل اندغام القطرة فى الماء الكثير ، الذى تقع عليه . ويغلف غشاء البلازمة البروتوبلازم تغليفا تاما،يشمل روابطه البروتوبلازمية حتى ليتصل بأغشية الخلايا المتاخمة.ولهذا الغشاء ارتباط وثيق بالجدار،وربما تسرب فى طبقات الجدار الداخلية (لا يبين الشكل ٤ وجود غشاء البلازمة) . ويتميز الغشاء بأنه شبه منفذ ، ولهذا أبلغ الأهمية فى المناشط الفسيولوجية للخلية .

البلاستيدات :

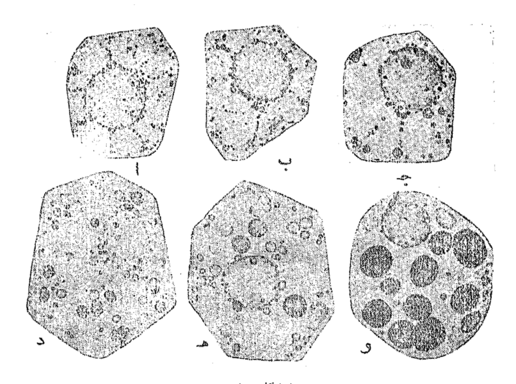
البلاستيدات أجزاء متميزة من البروتوبلازم ، وهى « أعضاء » أو مناطق للنشاط الأيضى ترتبط بوظائف خاصة . وللبلاستيدة غشاء يحوطها ، يظهر أنه شبه منفذ،وتركيب داخلى معقد،وهى فى الغالب ملونة وذات معالم واضحة،أما حجمها فصغير ويوجد فى العادة عدد منها فى الخلية الواحدة ، (أشكال ٤و٥و٦و٧) . وتختلف البلاستيدات فى الشكل ، ولكن الأنواع المدورة هى الغالبة . وتوجد فى بعض أنواع الطحالب . ونادرا ما توجد فى غيرها ، بلاستيدات كبيرة الحجم متميزة الشكل . وقد توجد البلاستيدات فى كافة الخلايا الحية بجسم النبات ، وربما وجدت فى كل خلية فى مراحل تكونها الباكرة ، أما فيما بعد ، فربما اقتصر وجودها على خلايا معينة بحيث تكثر أعدادها فى الخلايا ذات الوظائف الخاصة كالبناء الضوئى والخزن والتلوين .

أصل البلاستيدات :

توجد فى الخلايا المرستيمية الناشئة أعداد كبيرة من البلاستيدات الدقيقة التى قد تصل أحجامها الى حدود الرؤية المجهرية ، (شكل ٥) ، وتسمى فى هذه المرحلة البلاستيدات الأولى ، وهى أجسام مدورة لا تشبه البلاستيدات . وبينما تنمو الخلية،تتكاثر هذه البلاستيدات الأولية ، وتتكون منها البلاستيدات الناضجة تدريجيا . وازدياد عدد البلاستيدات بالانقسام ، لا يقتصر على مرحلة بعينها ، على أنه أقل شيوعا فى البلاستيدات الناضجة ، والأرجح أن البلاستيدات تنشأ عن بلاستيدات سابقة .

أنواع البلاستيدات :

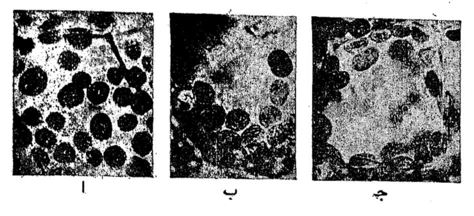
توجد عدة أنواع من البلاستيدات واضحة التميز ، الا أنها تتشابه فى الطبيعة الأساسية . تنتظم هذه الأنواع فى قسمين رئيسيين : بلاستيدات ملونة وبلاستيدات غير ذات لون . وتسمى البلاستيدات الملونة التى تحمل الصبغ الأخضر المسمى باليخضور (الكلوروفيل) بلاستيدات خضر . ونظرا لأهمية هذا النوع فى تركيب الغذاء النباتى ، يوضع فى قسم ثالث ضمن الأقسام الرئيسية. ويسمى ما عداه من البلاستيدات الملونة « كروموبلاستيدات » .



(شكل ٥)
تطور خلية من النسيج الوسطى فى ورقة نبات الذرة (ا) ومراحل متتابعة تبين حجم النواة وهى تصغر بالنسبة لحجم الخلية ثم ظهور الفجوات وازدياد حجمها ثم تجميعها والتحامها ، وتطور البلاستيدات الخضر من منشئات البلاستيدات (عن راندولف)

البلاستيدات الخضر :

البلاستيدات الخضر فى النباتات الراقية موحدة الشكل والحجم فى الغالب ، وهى على الأعم بيضية مفلطحة ، أو قرصية الشكل . ويتراوح عددها فى الخلية الواحدة بين القليل والعديد ، وهى صغيرة الحجم ، اذ يبلغ متوسط أقطارها خمسة ميكرونات . وتتكاثر بالانقسام ، وتغير فى بعض الأحيان أشكالها ، حتى ليبدو كأنها شبه سائلة . أما مادة اليخضور (الكلوروفيل) فهى مركزة جميعها أو أغلبها فى حبيبات دقيقة كثيرة العدد تسمى الجرانات (شكل ٦) . والظاهر أن هذه الدقائق الملونة منتظمة ومزدحمة على نحو تبدو به البلاستيدة كأنها متجانسة التركيب ، ويلاحظ فى بعض الأحيان تخطط غير واضح ، كأن الجرانات منتظمة فى خطوط أو طبقات . ويلاحظ أن البلاستيدات الخضر أكبر قليلا فى أوراق الظل مما تكون فى الأوراق المعرضة لضوء الشمس فى النبات الواحد ، وربما كان المحتوى اليخضورى فى الوحدة المساحية أكبر .



(شكل ٦)
التركيب الدقيق فى البلاستيدات الخضر (ا) من نبات زعرور الماء (ب) ، (جـ)
من نبات الطوديا (ا) ، (ب) الدقائق الخضر (الجرانا) كبيرة ومبعثرة (جـ)
الدقائق الخضر صغيرة ومتجمعة فى طبقات صفائحية (عن هيتز)

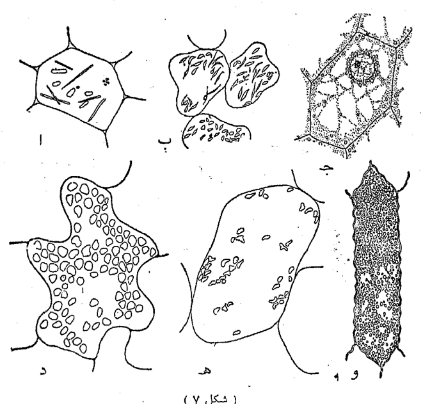
البلاستيدات الملونة :

البلاستيدات الملونة — غير الخضر — يتراوح لونها من الأصفر الى البرتقالى الى الأحمر المصفر . ويرجع اللون عادة الى وجود مواد الزانثوفيل والكاروتين وأشباه الكاروتين . وتختلف أشكال البلاستيدات الملونة ، الا أنها فى الغالب غير منتظمة الشكل ، ومنها الحبيبى ، والزاوى ، والابرى ، والمتشعب (شكل ٧) . والمعتقد أن الأشكال غير المنتظمة والمذببة ، يسببها وجود المواد الملونة كالكاروتين وأشباه الكاروتين على هيئة بلورية ومثالها البلاستيدات الملونة فى جذر الجزر (شكل ٧ ا) . أما وظيفة هذه البلاستيدات فغير واضحة . فاليها يرجع لون الكثير من الأزهار والثمار ، ولكنها توجد فى بعض المناطق الأخرى كالجذور . والشائع أن البلاستيدات الملونة ، تنشأ من تحول البلاستيدات الخضر ، ولكنها قد تنشأ أيضا من بلاستيدات صغيرة غير ذات ألوان .

بلاستيدات غير ملونة :

يضم هذا القسم أنواعا مختلفة من البلاستيدات غير الملونة . ولعل أصول البلاستيدات جميعا فى المراحل الأولى من تكونها غير ذات ألوان ، ولكنها تسمى البلاستيدات الأولى كما ذكرنا من قبل ، وما نقصد الى وصفه الآن هى تلك البلاستيدات الناضجة التى لا تتميز بلون ما . وهى كغيرها من البلاستيدات مختلفة الأشكال ، وبعض أشكالها المتطرفة عصوية . ومن مميزاتها أن تغير أشكالها يسير . وهى فى الغالب بالغة المرونة ، ولها علاقة وثيقة باختزان الطعام،ولا شك أن

لها وظائف أخرى لم تتكشف بعد . ومن البلاستيدات غير الملونة نوع يختص بتكوين حبات النشا فى مناطق التخزين (تسمى البلاستيدات النشوية) ومنهـا ما يختص بتكوين الزيوت والمواد الدهنيـة واختزانها ، وتسمى البـلاستيدات الدهنية ، وهى من مثل النوع الأول ، الا أنها تختلف فى الوظيفة فى بعض الأحيان. أما البلاستيدات غير الملونة التى توجد فى خلايا البشرة وشعيراتها ، فهى فى أغلب الظن بلاستيدات تالفة أو ساكنة .



(شكل ٧)

البلاستيدات . البلاستيدات الملونة : (ا) فى خلايا قشرة جذر ، (ب) فى خلايا الاجزاء اللحمية من ثمرة الطماطم ، (و) فى خلايا التنويج من زهرة الهندباء ، البلاستيدات غير الملونة ، (جـ) فى خلايا التخزين الصغيرة فى الذرة

والواقع أن البلاستيدات بأنواعها المختلفة ذات طبيعة واحدة ، والدليل على ذلك ، يسر تحولها من نوع الى آخر . مثال ذلك تحول البلاستيدات الخضر فى الثمـار الفجة وبتلات أكمام الزهر الى بلاستيدات ملونة فى الثمـار الناضجة والأزهار المتفتحة ، وتحـول البلاستيدات غير الملونة فى درنات البطاطس الى بلاستيدات خضر اذا تعرضت للضوء .

توزيع أنواع البلاستيدات :

قد توجد البلاستيدات الخضر فى أى جزء من النبات معرض للضوء ، وربما وجدت فى بعض الأنسجة التى تبدو بعيدة عن الضوء مثل خلايا الخشب فى كثير من نباتات الفصيلة الوردية[١] والفصيلة الخلنجية[٢] ، وفى الأجنة والأندوسبرم ومثال ذلك بذور بعض ثمار الموالح . وقد توجد البلاستيدات الحمر والصفر أيضا فى أعضاء النبات ، ويتصل وجودها بالتعرض للضوء ، وهى فى الغالب موجودة فى الثمار والزهور . أما البلاستيدات غير الملونة فهى موجودة غالبا فى الأجزاء التى لا تتعرض للضوء . وسنعود الى الكلام عن البلاستيدات وتوزيعها ووظائفها ، عند تناول أنواع الأنسجة المختلفة كالكولنشيمة ، والقشرة ، والأعضاء المختلفة كالورقة ، والبتلات .

ويحتوى السيتوبلازم أيضا على أجسام بروتوبلازمية أصغر حجما من البلاستيدات تسمى الكوندريوسومات والميتوكوندريا (السبحيات) . وبعض هذه ولا شك بلاستيدات أولية . على أن تناول هذه الأجسام الدقيقة ودراسة طبائعها وتوزيعها لا يدخل فى موضوع هذا الكتاب .

الفجوات والعصارة الخلوية :

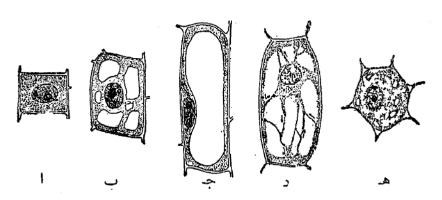
يحتوى السيتوبلازم فى الخلية الناضجة والكثير من الخلايا الصبية على تجويف أو تجاويف تسمى الفجوات . وتتضح هذه التجاويف كلما تدرجت الخلية نحو النضج ، فتبدأ كفجوة أو عدة فجوات صغيرة ، ثم تكبر وتتصل حتى اذا بلغت الخلية درجة النضج ، أصبح فيها فى الأغلب الأعم فجوة وسطى كبيرة تدفع السيتوبلازم الى الجوانب ، فيصبح طبقة رقيقة تبطن الجدار ، (شكل ٤ و ٨ جـ) . وتشتمل هذه الطبقة الجانبية على النواة والبلاستيدات وأغلب المحتويات الأخرى . وأحيانا كثيرة يمتد من طبقة السيتوبلازم الجانبية فريعات تتماسك فى غير انتظام وتمتد عبر الفجوة الوسطى ، وفى مثل تلك الأحوال قد تتخذ النواة وضعا مركزيا فى الخلية . وتحوى الفجوة سائلا هو العصير الخلوى . وتسمى الفجوات وما تحويه من عصير المجموع الفجوى .

---

(١) Rosaceae

(٢) Ericaceae

أما العصير الخلوى فهو سائل غير بروتوبلازمى ، يتكون من الماء وخليط من المواد الذائبة مثل الأملاح غير العضوية ، والسكاكر ، والبروتينات والاميدات والقلوانيات والأصباغ وغيرها . وقد تكون هذه المواد من الأغذية المعدنية ، أو الغذاء العضوى ، أو النواتج الافرازية أو مواد لا تعرف علاقتها بعمليات الأيض . والواقع أن أهمية هذه المواد الذائبة لم يتم قدرها بعد ، من الناحية الفسيولوجية بالخلية .



(شكل ٨)

ا — جـ رسم تخطيطى يبين ثلاث مراحل متتابعة فى تطور الخلية : الفجوات تزداد فى الحجم وتندغم لتكون فجوة وسطى ويصبح السيتوبلازم طبقة جانبية — د — خلية من شعيرة سراة فى نبات حشيشة العنكبوت تبين اتجاه السريان فى الاشرطة السيتوبلازمية ، هـ — خلية برنشيمية من قشرة نبات بوليجنلا تبين النواة والبلاستيدات والسيتوبلازم القليل (عن شارب)

لون الخلية :

توجد المواد التى تكسب الخلية لونها فى البلاستيدات أو فى العصير الخلوى ، أما الجدار والسيتوبلازم والنواة فهى فى الغالب غير ملونة . والمادة الخضراء فى البلاستيدات الخضر هى اليخضور (الكلوروفيل) وهو على نوعين (ا) و (ب) . ويوجد مع اليخضور أصباغ صفر هى أشباه الكاروتين ، على أن لون اليخضور الأخضر غالبا ما يخفى اللون الأصفر ، وتتضمن هذه الأصباغ الصفر أضرابا من الكاروتين والزانثوفيل وهى مواد تعطى اللون الأصفر للأصناف الذهبية من النباتات التى تحوى القليل من الكلوروفيل ، كذلك فى الأوراق المبرقشة باللون الأصفر ، أما الأوراق المبرقشة باللون الأبيض فان أجزاءها الباهتة تحوى بلاستيدات عديمة اللون أو باهتة . وتوجد أشباه الكاروتينات على هيئة بلورية فى البلاستيدات الملونة التى تعطى الألوان الصفر والبرتقالية والحمر المصفرة للزهور والثمار .

والمجموعة الثانية من الأصباغ النباتية تسمى الفلافونات وهى مواد تذوب فى الماء ، وتعطى العصارات الخلوية ألوانها . ويكون لونها أصفر كما فى بتلات أزهار البوصير[1] . أما أصباغ الانثوسيانين فهى فلافونات مؤكسدة ، وهى أيضا تذوب فى المـاء وتلون العصـير الخلوى بالألوان الحمر والقرمزية والزرق على نحو ما يشاهد فى كثير من الأزهار والثمار . وفى بعض أوراق النباتات ذات اللون القرمزى يجتمع اللون الأحمر الناتج عن ذوبان أصباغ الانثوسيانين فى العصير الخلوى ، مع اللون الأخضر الموجـود فى البـلاستيدات . وتوجـد أصـباغ الانثوسيانين أيضا فى الأغصان والأوراق الصبية ، وخاصة اذا صـاحب النمو انخفاض فى درجات الحرارة . وربما وجدت مواد ملونة أخرى وخاصة فى النباتات الدنيا كالطحالب والبكتريا . أما فى الأجزاء الزهرية البيض فلا توجد أصـباغ ملونة انما ينعكس الضوء عن الخلايا شبه الشفافة ، التى تفصلها مسافات بينية فيبدو لونها أبيض .

ألوان الخريف :

يتحلل اليخضور — وتموت الأوراق فى بطء — متحولا الى مواد غير ملونة وبذلك يذهب اللون الأخضر ويبدو لون الزانثوفيل الأصفر الذى كان مختفيا . وبذلك يرجع الى الزانثوفيل فى البلاستيدات الخضر المتهرئة أغلب اللون الأصفر فى أوراق الخريف . أما الألوان الحمر والقرمزية فهى ألوان العصـير الخلوى الناتجة عن تأكسد الفلافونات ، وألوانها زاهية ، خاصـة اذا تكونت مع وجود السكاكر والشمس السـاطعة . والخليط بين ألوان العصير الخلوى ، وبقـايا اليخضـور وألوان الزانثوفيل ولون جـدران الخلايا الذى يتحول الى البنى ، ومواد ملونة أخرى ، هو أصل هذه الألوان المتعددة التى تشاهد فى الخريف . ولا يسبب الصقيع تغير لون الأوراق ، ولكنه قد يسرع بالتحول . فبعض النباتات التى تتحول أوراقها الى ألوان الخريف الزاهية فى مناطق الجو البارد ، تتحول أيضا الى مثل هذه الألوان الزاهية ، اذا نمت فى مناطق دافئة لا يصيبها الصقيع ، بل ان بعض أغصان الشجر التى قد تموت فى منتصف الصيف ، تتحول أوراقها الى ألوان خريفية .

---

(١) Verbascum

محتويات البروتوبلازم (النواتج الايضية) :

يحتوى بروتوبلازم الخلية (فى السيتوبلازم أو فى الفجوة) على أنواع متعددة من الحبيبات الصلبة لمواد عضوية وغير عضوية،بالاضافة الى مواد أخرى كالزيوت والأصباغ والراتنج ، وغير ذلك من هذه المواد ، مثلها مثل المواد الذائبة ، النواتج الغذائية كالنشا وحبات الأليرون ، ومنها النواتج الافرازية كالبلورات ، ومواد لا تعرف وظائفها على وجه اليقين ، مثل المطاط والمخاط والتانين ، واللبن النباتى والقلوانيات ، وكثيرا ما توجد مواد الأصباغ والراتنج والتانين وغيرها فى فراغات الأنسجة الميتة ، مثال ذلك الخشب الصميمى فى أشجار السكويا [١] (شكل ٩٩) والماهوجنى[٢] ، وخلايا الفلين فى أغلب النباتات . وبعض هذه المواد كالنشا شـائع فى أغلب أنواع النبات ، وبعضها الآخر يوجـد فى مجموعة من النباتات دون غيرها .

البلورات :

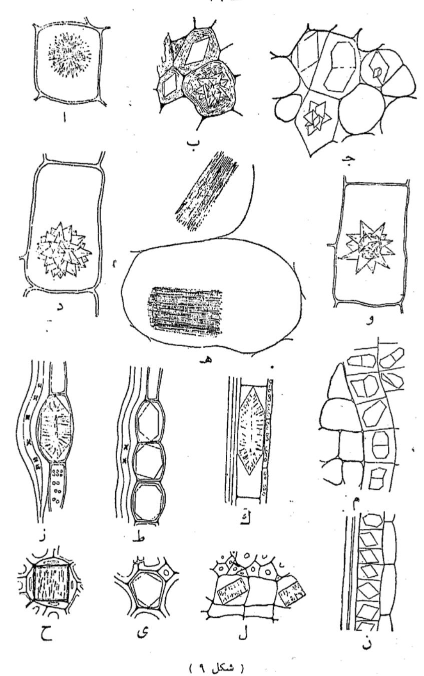
توجد فى خلايا النبات أنواع من البلورات ذات تركيب كيميائى متباين ، وأكثرها شيوعا أملاح الكالسيوم وخاصة اكسالات الكالسيوم ، وأقل منها شيوعا أملاح أخرى للكالسيوم وغيرها من المركبات غير العضوية مثل السليكا والجبس ، كما توجد عادة بلورات لمركبات عضوية مثل الكاروتين والبربرين والصابونين . وقد توجد البلورات فى أى جزء من أجزاء النبات ، على أنها أكثر فى بعض المناطق كالنخاع والقشرة واللحاء . والبلورات على أشكال عديدة (شكل ٩) . والأشكال الغالبة هى البلورات البسيطة المتفرقة معينـة الشكل ، أو حزم من البلورات الابرية ، أو تجمعات بلورية تتخذ شـكلا كرويا وتسمى البلورات المتجمعة . أما البلورات الابرية المفردة ، والمنشورية الصغيرة ، والدقائق التى تسمى الرمل البلورى فهى شائعة أيضا ، أما الحويصلات البلورية ، التى تعتبر عادة ضمن التراكيب البلورية ، فجزؤها الأكبر يتكون من مادة الجدار .

وقد يوجد فى الخلية الواحدة نوع واحد من البلورات ، غالبا ما تكون متجمعة (كالحزم الابرية أو البلورات الوردية) ، وقد يوجد فيهـا نوعان أو أكثر من

---

(١) Sequoia

(٢) Mahogany



(شكل ٩)

البلورات ا ـ بلورة وردية من خلية بقشرة ساق فيبرنم . ب ـ بلورة وردية وبلورة معينة فى خلية حجرية من ورقة لوزة بنات الكاريا . جـ ـ بلورات مفردة ومتجمعة فى خلايا النخاع فى نبات الحور.د ـ بلورة وردية فى خلايا القشرة من نبات سميلا سينا و ـ بلورة وردية ذات مركز عضوى فى برنشيمة اللحاء من نبات الجوز . ذ ، ح قطاع طولى وقطاع عرضى فى بلورات من برنشيمة الخشب من نبات البكان . ط ، ى ـ قطاع طولى وقطاع عرضى فى بلورات برنشيمة الخشب من نبات الجوز . ك ، ل ـ قطاع طولى وقطاع عرضى فى بلورات من برنشيمة اللحاء من نبات الزيزفون الامريكى . ٢ ـ أنواع متعددة من البلورات فى برنشيمة اللحاء من التفاح البرى ـ ن بلورات معينة من برنشيمة اللحاء فى نبات الصفصاف الاسمر

البلورات . ويبدو أن تركيب الكثير من البلورات غير العضوية يشتمل على مراحل تدخل فيها بعض المركبات العضوية . مثال ذلك البلورات الكبيرة التى توجد فى خلايا الخشب ، كما أن البلورات الوردية كثيرا ما يكون لها مركز عضوى بارز .

وعادة توجد البلورات الكبيرة ذات الأشكال المختلفة ، كالمنشوريات والمعينات وغيرها ، فى ألياف الخشب واللحاء ، وفى الخلايا البرنشيمية التى تصاحب الألياف . وتوجد الحزم الابرية فى الخلايا ذات الجدران الرقيقة ، كالخلايا البرنشيمية التى تحوى المواد المخاطية فى بعض الأنسجة الرخوة مثل برنشيمة التخزين فى الأعضاء الأرضية ، ولب الثمار وأنسجة النباتات المائية عموما . هذه الحزم الابرية شائعة فى ذوات الفلقة الواحدة على وجه الخصوص . أما البلورات المتجمعة الوردية ، فتتميز بها برنشيمة القشرة والنخاع وخاصة فى السوق وأعناق الأوراق ، كما تكثر فى اللحاء .

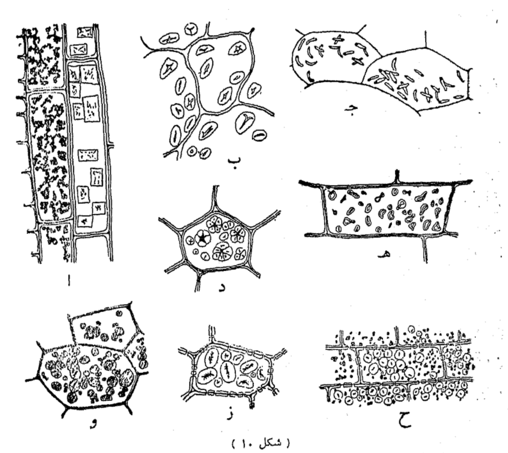
وتكون البلورات فى بروتوبلازم الخلية (فى الفجوة عادة) ، أو فى فراغ الخلية غير ذات البروتوبلازم مثل الألياف . وأحيانا تكون البلورات أو أجزاؤها الطرفية منغرزة فى الجدار الخلوى ، ولكن الغالب أن تكون معلقة فى فراغ الخلية ببروزات من الجدار . وتكون هذه البروزات كالعصى ، أو أن تكون شيئا أشبه بالكيس ، الذى يمسك البلورة فى وضع وسطى . وقد تملأ البلورة الكبيرة فراغ الخلية حتى لتتخذ الحيز الداخلى للخلية شكلا متناسبا مع شكل البلورة ووضعها (شكل ٩ ب) . أما فى الخلايا الاصبعية فقد تملأ البلورة جزءا من الخلية (شكل ٩ ك) .

وفى بعض الأحيان تتخصص الخلية لتخزين البلورات ، ويصبح البروتوبلازم ضئيلا أو معدوما ، ولكن الخلايا العادية النشطة ، قد تحتوى أيضا على وفرة من البلورات . وقد توجد المراحل الأولى من تكوين البلورات فى الخلايا الصبية ، فكثيرا ما تحوى خلايا المرستيم الطرفى بلورات صغيرة .

وغالبا ما تكون البلورات غير العضوية نواتج اخراجية لفظتها عمليات الايض ، وربما دل على ذلك تكون البلورات فى الأنسجة التى سرعان ما يتوقف نشاطها الوظيفى ، مثل النخاع والقشرة واللحاء الثانوى .

النشـا :

توجد المواد الغذائية على صورة مواد انتقاليـة ، أو على صورة جسيمات تخزينية ثابتة أو شبه ثابتة . أما المواد الغذائية حديثة التكوين ، فقد تكون ذائبة أو تكون على صورة جسيمات صلبة ، وحبـات النشا هى أكثر أنواع المواد الغذائية الصلبة شيوعا . وهى على أنواع متعددة متباينة الأشكال والحجوم . (شكل ١٠) . ومن ناحية الشكل فهى مدورة أو بيضية . وتنشأ عن تزاحم الحبات ، أشكال زاوية مضلعة ، وتتميز بعض النباتات بحبات منتظمة أو حبات عديدة الأوجه . وتحوى بعض النباتات الأخرى حبات مركبة ، قريبة الشبه بالحبات البسيطة ، ولكن طبيعتها المركبة تتضح عندما تتكسر الى أجزائها وهى حبـات



(شكل ١٠)

حبيبات النشا والتانين . ا — التانين وبعض البلورات فى خلايا برنشيمية من نبات الصنوبر . و — التانين فى خلايا النخاع من نبات الشليك . ح — التانين وحبيبات النشا فى خلايا الاشعة الخشبية من نبات التفاح البرى — حبيبات النشا : ب — خلايا النخاع من نبات السوفيلا . جـ — فى الغلاف الخارجى لثمرة الموز . د — فى فلقة البسلة هـ — فى خلايا أشعة اللحاء من شجرة السماء . ز — فى خلايا فلقة الفاصوليا

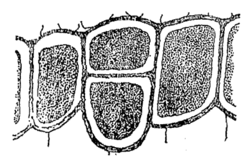
بسيطة صغيرة . وتكون الحبات فى الخلية الواحدة اما بسيطة أو مركبة ، أو قد يوجد النوعان معا فى الخلية ، (شكل ١٠ د) . ومن الناحية التركيبية تتكون الحبة من ابر الاميلوز منتظمة على نحو اشعاعى . أطرافهـا المذبية عنـد المركز وقواعدها ملتحمة مكونة المحيط . وتتميز المنطقة المركزية (التى تسمى السرة) والنطاق المحيطى ، بأنها على درجة عالية من اللمعان . وغالبا ما تشاهد على سطح الحبة طبقات ، كالدوائر المركزية المتتابعة التى تحيط بالسرة ، وفى بعض الأحيـان لا يتيسر تميزها الا بمعاملات خاصة . وقد يكون لهذه الطبقات الدائرية مركز غير وسطى فى الحبات الكبيرة لبعض النباتات كالبطاطس مثلا . ويرجع مظهر هذه الطبقات فى أغلب الظن الى الاختلافات فى المحتوى المائى للاميلوز ، الأمر الذى يعزى الى ما يتعرض له النبات أثناء النمو من تتابع الاختلافات فى شـدة الضوء ودرجة الحرارة والرطوبة . أما الحبات التى تتكون فى ظروف بيئية ثابتة فغير صفائحية . أما السرة فهى مدورة أو مضلعة ، وتكون فى بعض الأحيـان مفصصة أو متشعبة أو نجمية ، وهى كما قلنـا على درجة عاليـة من اللمعان ، أى القدرة على عكس الضوء ، وتتميز حبوب النشا عن البلاستيدات وغيرها من الأجسام البروتوبلازمية والجسيمات الصلبة ، بالسرة ، وباستجابتها للأصـباغ .

ويبدأ تكون حبات النشا فى البلاستيدات ، وغالبا ما تكون الحبات فى هذا الوضع ، فالبلاستيدات غير الملونة التى توجد فى خلايا التخزين تبنى حبـات النشا داخلها من المواد الغذائية ، التى تنتقل الى تلك الخلايا الخضر . وجملة القول أن حبات النشا ، تنشأ وتتكون داخل البلاستيدات . على أننا لا نعلم على وجه اليقين ما اذا كانت حبة النشا البالغة تتحرر من البلاستيدة ، أو أنها تظل مكسوة بطبقة رقيقة من مادة البلاستيدة .

المواد النتروجينية :

توجد دقائق المواد النتروجينية الصلبة ، مثل الدقائق شبه البلورية أو بلورات البروتين ، فى البذور ونحوها من أعضاء التخزين كالأبصال والدرنات (مثل درنة البطاطس) ، كما توجد على شكل الحبات الاليرونية التى توجد عادة فى بعض البذور فى طبقة خاصة تمتلىء بها ، ومثال ذلك حبة الذرة (شكل ١١) ويندر وجود الأجسام البروتينية والحبات الاليرونية فى غير ذلك من أعضاء النبات . أما الأجسام

التانينية فشائعة فى نباتات كثيرة وخاصة فى أنسجة القشرة واللحاء (شكل ١٠ ا)
وتوجد عادة فى الخلايا البرنشيمية،على أنها قد توجد فى غيرها من الخلايا الكلونشيمية
والفلين . وكثرة وجود هـذه المواد ، فى لحاء أشجار البلوط [١] والهملوك [٢]
وأشجار غيرها ، تجعل لقلف هذه الأشجار قيمة فى الدباغة . والأجسام التانينية
دقائق صغيرة حبيبية أو مدورة ، وغالبا ما تكون متصلة فى كتل متماسكة . وقد
تكون المواد التانينية مختلطة أو ذائبة فى المواد الصمغية أو المخاطية بالبروتوبلازم .
وتوجد فى الخلية بالاضافة الى ذلك مواد صلبة أو شبه صلبة ، كالراتنج والصمغ
والمخاط والدهون وقطرات الزيت .



(شكل ١١)
حبيبات البرونية فى خلال الندوسبرم الذرة

جدار الخلية

لخلايا النباتات الوعائية جدران خلوية ، الا فى بعض الخلايا المتصلة بعمليات
التكاثر،أو بالمراحل المبكرة لتكون الجنين . والجدار رفيق جدا فى نشأته ، ثم يتغير
بوسائل متباينة مع نضج الخلايا . ولعل أهم التغيرات هى الزيادة فى الرقعة والغلظ
مع تغيير فى التركيب الكيمائى ، ومنها ما يطرأ من تغير على البناء العام للجدار ،
كأن تتلاشى الجدران الطرفية للخلايا التى تكون الأوعية الخشبية . ووجود جدار
واضح ، وخاصة بعد انتهاء المراحل المبكرة من تكوين الخلية ، يبرز معالم الخلية
النباتية ويميزها عن الخلية الحيوانية ، حيث لا تتضح فى يسر حدود البروتوبلاست .

وقد كانت نشأة الجدار وتركيبه موضع البحث الدقيق خلال السنوات الأخيرة،
وزادت لذلك معارفنا عنها . اذ ظهر تفسير جديد للمراحل الأولى لتكون الجدار

(١) Oak
(٢) hemlock

الخلوى وهى مراحل كانت تتصف بالغموض ، وأصبحنا نلم بالصفات التفصيلية للجدار مما اقتضى تعديلا فى المصطلحات التى تستعمل فى وصف تركيب الجدار .

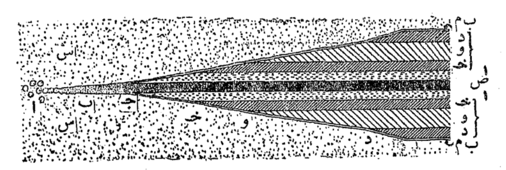
طبيعة الجدار :

الفكرة الشائعة هى أن الجدار يتكون كافراز سطحى للبروتوبلاست . ومعنى ذلك على وجه التحديد أن الجدار يعتبر طبقة غير حية.هذا هو الرأى المتواتر،ولكن البعض يقولون بأن الجدار فى مراحل نشأته الأولى ، قد يتضمن مادة بروتوبلازمية، أى أنه يعتبر جزءا من التركيب الحى ، مثله فى ذلك مثل طبقات الجدار المتاخمة للبروتوبلاست،فيما يتبع من مراحل التكون.كما أن الصفيحة الوسطى قد تتضمن مادة حية فى مراحلها الأولى ، بل ربما كانت كذلك ما بقى نشاط البروتوبلاست . ولو قلنا بأن الجدار مصاحب حى للبروتوبلاست ، لأصبح من اليسير فهم بعض الحقائق التركيبية والوظيفية للخلايا،ولأصبح أيضا من العسير تعليل بعضها الآخر.

نشأة الجدار :

يبدأ ظهور الجدار فى المرحلة الختامية لانقسام النواة . فبينما تصل الأنوية الوليدة الطور النهائى للانقسام ، تبدأ خيوط المغزل فى التغلظ عند المستوى الاستوائى للخلية ، كما أنها ترق قرب الأنوية (أشكال ١٤ ا ، ١٥ ا) . وتكون مناطق التغلظ فى خيوط المغزل مع ما يحيطها من السيتوبلازم (الكينوبلازم) تركيبا غير واضح المعالم منتفخا كالبرميل المفلطح يسمى الفراجموبلاست . تظهر على الخط الأوسط لهذا التركيب دقائق أشبه ما تكون بالقطرات ، لا تلبث أن تكبر فى الحجم حتى تتصل مكونة صفيحة سـائلة تتوسط الفراجموبلاست (أشكال ١٢ ، ١٤ ب) . تظهر فى هذه الصفيحة أول الأمر كقرص فى وسط الفراجموبلاست ، ثم تمتد جوانبها فى كافة الاتجاهات نحو جدار الخلية الوالدة . وبينما تتكون الصفيحة ، تختفى خيـوط المغزل الوسطية ، وكلما اتسع قرص الصفيحة اختفت الخيوط الجانبية ، فيما يلى الوسط ، تدريجيـا حتى تتلاشى الخيوط الخارجية آخر الأمر . وعندما يتم تكوين الصفيحة بأن تصل حوافها فى كافة أقطارها الى جدران الخلية الوالدة ، تصبح مادتها أقل سيولة ، ويتكون على كل من سطحيها غشاء رقيق . والغشاءان ، فى أغلب الظن ، من افراز المـادة الحية فى الخليتين الوليدتين ، وهما أول مراحل تكوين الجدران . تتحول مادة

الصفيحة الخلوية بالتدريج الى مادة بين خلوية ، ويطلق عليها اسم الطبقة بين الخلوية . وطبيعة المادة التى تتكون منها الصفيحة الخلوية غير معروفة على وجه التحقيق،وهى فى الغالب مادة سيتوبلازمية ، اذ ربما تكون الخيوط المغزلية«خطوط سريان » فى السيتوبلازم .

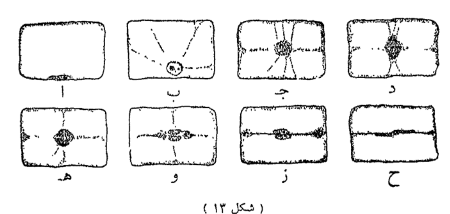


(شكل ١٢)

رسم تخطيطى لتوضيح المراحل المتتابعة فى تكوين الجدار الخلوى ذى الطبقات الثانوية التدرج من الشمال الى اليمين . مبين جدران الخليتين الوليدتين . ا ــ منشا الصفيحةالخلوية.ب ابتداء تحول الصفيحة الخلوية الى الصفيحة الوسطى.ج ابتداء ترسب الجدار الاولى (١ ، ١) . د ، ٢ ، ط ــ ابتداء ترسب الطبقات الخارجية والوسطى والداخلية من الجدار الثانوى (٢ ، ٢) . ى ــ اتمام تغلظ الجدار . ك ــ غشاء البلازما . ل ــ سيتوبلازم (عن شارب)

عندما تكون الخلية الوالدة صغيرة الحجم ، متساوية الأضلاع ذات نواة كبيرة مركزية الوضع ، فان هيئة الانقسام تتسم بالبساطة والوضوح ، اذ لا يتضمن انقسام البروتوبلاست أوضاعا تركيبية معقدة . ولكن الانقسام الخلوى واتمام تكوين الجدران الجديدة ، غالبا ما يكون أكثر تعقيدا من تلك الصورة المبسطة . فانقسام الخلية ذات الفجوة الوسطى الكبيرة،يقتضى تغيرات تمهيدية فى شكل النواة ووضعها وفى تركيب الجهاز الفجوى (شكل ١٣) ، فتزداد كمية السيتوبلازم ، وتمتد منه أشرطة تعبر الفجوة ، وتصبح النواة كروية الشكل ، ثم تنتقل نحو وسط الخلية عبر واحد من تلك الأشرطة السيتوبلازمية ، ثم لا تلبث الأشرطة أن تتركز فى طبقة تسمى الفراجموسوم ، تتوسط الخلية فى المستوى الذى يتكون فيه الجدار فيما بعد . فاذا تمت هذه المراحل التمهيدية ، تبعها الانقسام الفردى وتكوين الجدار على نحو ما يحدث فى الخلايا ذات السيتوبلازم الكثيف .

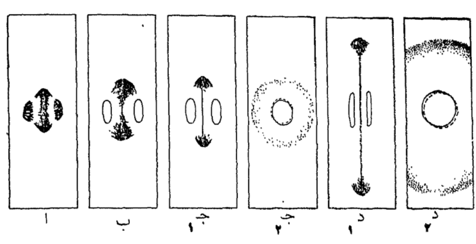
أما فى الخلية ذات الطول والعرض ، أى التى يكون أحد أقطارها أكبر من الأقطار الأخرى ، وخاصة تلك الخلايا بالغة الطول التى تنقسم طوليا (مثال ذلك خلايا الكمبيوم) فان الفراجموبلاست يبقى الى ما بعد الانقسام النووى ، ويبنى الصفيحة الخلوية الى مدى يبعد عن النواتين الوليدتين ، ويصل الى أطراف الخلية الوالدة (أشكال ١٣ ، ١٤ ، ١٥) وتختفى أجزاء الفراجموبلاست القطبية وخيوطه



(شكل ١٣)
انقسام خلية ذات فجوة وسطية كبيرة . تزداد كمية السيتوبلازم وتكون طبقة فى مستوى تكون الجدار الجديد . النواة تتكور وتنتقل الى موضع مركزى . انقسام طبيعى والفراجموبلاست يتسع . (عن شارب)

الوسطية عند ظهور الأجزاء الأولى من الصفيحة الخلوية ، وهى الأجزاء التى تتوسط النواتين الوليدتين ، ثم تمتد الصفيحة وتتسع رقعتها فى كافة الاتجاهات كأنها قرص استوائى . وتشبه هذه الخطوات مراحل تكوين الصفيحة الخلوية فى الخلايا ذات الأضلاع متقاربة الطول . وتضاف خيوط مغزلية جديدة فى المناطق الجانبية بينما تختفى الخيوط القديمة القريبة للوسط . والخيوط الجديدة قصيرة تنشأ قرب حدود الصفيحة ، وتنحنى أطرافها فى اتجاه الأنوية (شكل ١٤ جـ ، د) وبذلك يطرد امتداد الفراجموبلاست ذى الشكل البرميلى،ويصبح كالحزام الحلقى الذى يتكون من الخيوط القصيرة والسيتوبلازم الكثيف . ومع اطراد اتساع الحلقة واختفاء الأجزاء التى تصل الجدران ، تنقطع الى أقواس يطلق عليها الكينوبلازموسومات . وما تزال هذه الأقواس الباقية تتقدم نحو الأجزاء البعيدة من الجدار ، وهى فى هذا التقدم تضيف الى بناء الصفيحة ، وخاصة أجزائها الخارجية ، وما تزال كذلك حتى يتم انقسام السيتوبلازم . وأن وجود الخيوط المغزلية مع استمرار بناء الصفيحة ، وتجدد تكون هذه الخيوط عند أطراف

الصفيحة بعيدا عن الأنوية ليدل على العلاقة الوثيقة بين هذه الخيوط وبنـاء الصفيحة .

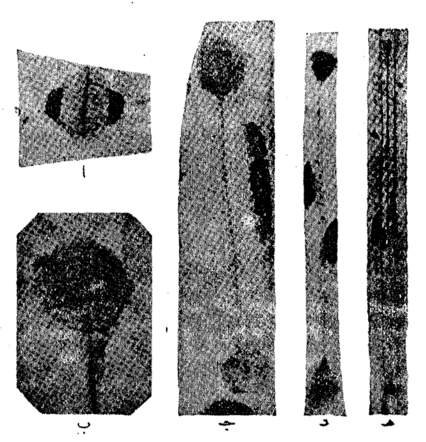


(شكل ١٤)

رسوم تخطيطية لبيان مراحل بناء الجدار الخلوى أثناء انقسام خلية مستطيلة ، منظر قطاع طولى . ا ـ الطور الختامى فى الانقسام النووى : الفراجموبلاست يمتد فى الاتجـاه الاسـتوائى مع ظهور قطرات مادة الصـفيحة الخلوية على طول الخط الوسطى . الخيوط المغزلية تختفى فى المناطق القطبية والوسطية ب ـ نشأة الصفيحة الخلوية باندماج قطرات مادتها فى الجزء الاوسط من الفراجموبلاست تظهر خيوط مغزلية جديدة على الجوانب الاستوائيـة للفرجموبلاست بينما تخفى الخيـوط القديمة تدريجيا . جـ ـ ١ ـ الفراجموبلاست أصـبح كالحزام الحلقى ويسـتمر امتداده الى الجوانب وبه تتسع رقعـة الصفيحة الوسطى فى كافة الاتجـاهات . جـ ـ ٢ ـ قطاع بزاوية قائمة على ما بينه الرسم جـ ١ ـ الفراجموبلاست يكاد يصل امتداده فى وسط الخلية الى جدران الخلية الام . بدأ ظهور الصفيحة الخلوية كغشاء رقيق ولكنه لا يظهر فى هذا الرسم.د ١ ـ امتد الفراجموبلاست والصفيحة الخلوية الى ما بعد المرحلة السابق ذكرها . د ٢ ـ قطاع بزاوية قائمـة على ما يبينه الرسم السابق ، يظهر الفراجموبلاست كدائرة اتصلت بالجدران الجانبية فى الجزء الاوسط من الخلية ، حيث يتم هذا الاتصال يختفى الفراجموبلاست ويبقى منه قوسان يستمر امتدادهما حتى نهاية الخلية . الصفيحة الخلوية قد وصلت الى الجدران الخلوية الجـانبية فى وسطها وبذلك تنقسم الخليـة فى منتصفها بينمـا لم يتم انفصـال الاجزاء الطرفيـة بعـد

تبدو حلقة الفراجموبلاست ، وهى تتسع بعيدا عن الأنوية الوليدة فى المنظر الرأسى ، كأنها هالة تحيط بالنواتين ، تسمى هذه الحلقة الدائرية الفراجموسفير . وقد اختلط أمر النواتين على البعض فظنوها خلية واحدة ذات نواتين وكان ذلك سببا للقول بأن الخلية المرستيمية ذات نواتين . ولكن الواقع أن النواتين فى خليتين تفصلهما الصفيحة الخلوية الحديثة النشأة ، والتى تقع على سطح القطاع،ولا يكون

من اليسير تمييزها . والواقع أن التركيب الذى يبدو سببا لهذا الخلط ، هو منظر رأسى للمرحلة الختاميـــة للانقســـام الخـــلوى . أما القطاع الطولى فيظهر الفراجموبلاست كجسمين مدورين أو كمية الوتد ، يقعان عند طرفى الصفيحة الخلوية رقيقة التكوين (أشكال ١٤ جـ ، د و ١٥) .



(شكل ١٥)
تكون الجدار أثناء الانقسام الخلوى فى الخلايا منشات الكامبيوم فى الصنوبر العزيزى كما تبدو فى القطاع الطولى القطرى . ا ــ الطور الختامى فى الانقسام النووى وبداية تكون الصفيحة الخلوية . ب ــ جزء من حلقة الفراجموبلاست التى تشاهد فى الرسم التالى . جـ ــ مرحلة تالية لما هو مبين فى الرسم ا توضح التقدم فى بناء الصفيحة الخلوية وامتدادها كما تبين جزئين دائريين من حلقة الفراجموبلاست . تظهر فى هذا الرسم واحدة من النواتين الوليدتين . د ، هـ ــ أطوار تالية فى بناء الصفيحة الخلوية . النواة الكبرى التى تظهر فى الرسم . هـ توجـد فى خليـة متـاخمة . (عن بالى)

أما فى خلايا بداءات الكمبيوم ومنشئات الكمبيوم ، وعناصر الأنابيب الغربالية والألياف الصغيرة وغيرها من الخلايا المستطيلة ، فان اتساع الصفيحة الخلوية يصل الى درجة بالغة ، وغالبا ما يكون شكل الجدار غريبا ، اذ قد يصبح مقوسا أو يتخذ

شكل الكأس نتيجة لتغيير مستوى سطح الحلقة التى تحد الصفيحة الخلوية أثناء تكونها . وأن انفصال الفراجموبلاست الى أقواس ، والبطء الذى يتسم به اتمام انقسام البروتوبلاست لظواهر فى الانقسام الخلوى ، لم تلق بعد من الدارسين ما تستحق من الاهتمام . فليست هذه الظواهر أنماطا خاصة من الانقسام الخلوى ، بل هى تحورات فى شكل الخلية .

التركيب العام للجدار

تظهر فى الجدران الغليظة التى تتميز بها بعض الجدران الناضجة طبقات متتابعة، تمثل هذه الطبقات تتابعا فى ترسب مادة الجدار،مما تكونه المادة الحية على الصفيحة الخلوية .. وتختلف طبقات الجدار فى تكوينها الطبيعى وتركيبها الكيميائى ، وفى قدرتها على التغير مع ما يطرأ على الخلية من تغير فى الحجم والشكل ، كما تختلف فى مدى تغطيتها للطبقات المبكرة من الجدار ، على أنها جميعا تنتظم فى مجموعتين رئيسيتين تمثلان الجدار الأولى والجدار الثانوى . ويتكون الجدار الأولى فى العادة من طبقة واحدة ، بينما يتكون الجدار الثانوى من طبقة أو عدة طبقات هى فى الأغلب ثلاث .

الجدار الأولى :

الغشاء الذى يتكون على سطح الصفيحة الخلوية هو المرحلة الأولى للجدار الأولى وعندما يبدأ نمو الخلية يمتد هذا الغشاء ويصبح غير منتظم الثخانة ولكنه يبقى رقيقا ، فاذا فحص بدقة ظهر له تركيب شبكى : أجزاء رقيقة وأجزاء أرق . وفى حالة النمو السريع ، أى الزيادة السريعة فى رقعة الجدار ، قد يظل الجدار على ما هو عليه من الثخانة غير المنتظمة ، أو تتبادل فيه المناطق الرقيقة وغير الرقيقة ، وسرعان ما تتضح من ذلك مناطق محددة يكون فيها الجدار رقيقا ، وتسمى حقول النقر الأولية أو بداءات النقر . وتبدو حقول النقر الأولية واضحة فى منشئات الكمبيوم (شكل ٨٨ ب) وفى هذه المرحلة تكون خيوط الروابط البلازمية التى تصل بين وحدات المادة الحية التى فصلتها الجدران الجديدة ، كثيرة واضحة وخاصة فى حقول النقر الأولية . ووجود أعداد كبيرة من هذه الروابط يحدد موضع حقول النقر الأولية ، وربما وجدت الروابط البلازمية عبر التركيب الشبكى للجدار فى مراحل نشأته الأولى ، أى أن البروتوبلازم فى الخليتين الوليدتين يظل

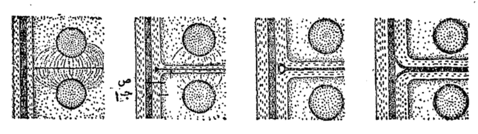
متصلا ، على أن هذا الاتصال لم يقم عليه بعد دليل ، ولعل مادة الجدار فى تلك المراحل المبكرة مادة بروتوبلازمية ، مثلها فى ذلك مثل الصفيحة الوسطى .

ويظل الجدار الحدث رخوا يتواءم مع تغير حجم الخلية وشكلها مما يصاحب استمرار نمو الخلية الصبية ، ويظل التباين فى غلظ الأجزاء المختلفة للجدار ، كما يظل التبادل بين مناطق التغلظ والمناطق الرقيقة . وعندما تبلغ الخليــة حجم النضج وشكله ، يتخذ الجدار الأولى سمت النضج ، وربما يزداد غلظه ، وهو على هذه الهيئة ، وتتحد مواضع يكون فيها الجدار رقيقا وتسمى النقر ، ويكون منها واحدة أو أكثر فى حيز كل من حقول النقر الأولية . ويقتصر وجود الروابط البلازمية فى الغالب على تلك النقر ، ولكن قد توجد وصلات متفرقة أو وحيدة خارج حدود النقر . ويتباين التركيب الكيميائى والبنيان الطبيعى وثخانة التغليظ فى الجدار الأولى فى الأنواع المختلفة للأنسجة وفى النباتات المختلفة .

الصفيحة الوسطى :

تتحول الصفيحة الخلوية فى غضون المراحل الأولى لتكوين الجدار ، نتيجة للتغيرات الكيميائية والطبيعية ، الى طبقــة بين خلوية متماسكة ، هى الصفيحة الوسطى،التى تمسك الخلايا بعضها ببعض.وقد استعمل مصطلح الصفيحة الوسطى ليدل — فى غير توفيق — على الطبقة الوسطى من الجدران ، التى تفصل خليتين متلاصقتين ، والتى تختلف عن غيرها من طبقات الجدار فى صفات التصبع وعكس الضوء . ولكن الواقع أن هذه الطبقة معقدة من ناحية الشكل والتركيب . فهى فى هذا الاستعمال غير الدقيق تتضمن الصفيحة الوسطى الحقيقية وهى المــادة بين الخلوية ، مضافا اليها الطبقات المتاخمة من الجدار الأولى للخليتين المتجاورتين ، وربما تضمنت أيضا الطبقات الرقيقة الأولى من الجدار الثانوى،والطبقة بين الخلوية هى الطبقة الوسطى من هذه المجموعة الثلاثية أو الخماسية من الطبقات . والواجب أن نلتزم تحديد مفهوم الصفيحة الوسطى ، لتدل على تلك الطبقة بين الخلوية ، والعذر فى هذا الخلط أن من العسير أن نميز الطبقة الوسطى الحقيقية فى التحضيرات المصبوغة ، نظرا للتشابه الشديد بين تركيبها الكيميائى وتركيب ما يتاخمها من طبقات الجدار الخلوى . ولا شك أن هذا المصطلح سيظل يعنى فى الاستعمال العام غير الدقيق ، يعنى تلك الطبقة المركبة ، ذلك من باب التيسير ، ولكن يجب أن نتذكر على الدوام أنه استعمال غير دقيق .

وفى الموضع الذى يتقابل فيه الجدار الجديد وجدار الخلية الوالدة ، لا يتصل طرف الصفيحة الوسطى الجديدة بالصفيحة الوسطى لجدار الخلية الوالدة ، انما يفصلهما الجدار الأولى للخلية الوالدة (شكل ١٦) . ولكن الصلة بين طبقات



(شكل ١٦)

مراحل متتابعة فى تحقيق الصلة بين الصفيحة الوسطى التى يتضمنها الجدار الجديد جـ وتلك التى يتضمنها الجدار الجانبى للخلية الوالدة التى تم انقسامها
ص . الصفيحة الوسطى ل . جدار أولى
س . سيتوبلازم (عن شارب)

الصفيحة الوسطى تتم بأن تنشأ ، عند تلاقى الجدار الجديد بالجدار القديم ، فجوة فى الجدار الأولى للخلية الوالدة ، تبدو مثلثة الشكل فى المقطع العرضى . تكبر هذه الفجوة وتتسع حتى تصل الى الصفيحة الوسطى لجدار الخلية الوالدة ، وتمتد اليها مادة الصفيحة الوسطى للجدار الجديد دون أن تملأها ، نتيجة ذلك كله وجود فجوة تسمى المسافة البينية ، تبطنها المادة بين الخلوية . على أن نشأة المسافة البينية غالبا ما تكون أكثر تعقيدا من ذلك ، لأنها قد تنشأ حيث يلتقى أكثر من جدارين ، وفى هذه الأحوال يسبق مراحل نشأة المسافة البينية،ويصاحب هذه النشأة ويتبعها انفصام الصفائح الوسطى للجدران القديمة المجاورة . وتتصل الفجوة التى تنشأ عن انفصام الجدران الأولى مع تلك الفجوات ، التى تنشأ عن انفصام الجدران ، وما تزال الفجوة التى تتكون تكبر وتتسع بدفع الجدران المحيطة بها تحت ضغط النمو . وفى بعض الأحيان يتقلص حجم الخلايا نتيجة لازدياد حجم المسافات البينية . وفى الأحوال التى يتكون فيها جداران جديدان متقابلان (فى خليتين متجاورتين يتم فيهما الانقسام) فان المثلثين الصغيرين اللذين سبقت الاشارة الى تكوينهما فى الجدار الأولى ، يكونان مسافة معينة الشكل . وفى الخلايا المرستيمية حيث يكون الانقسام نشيطا متتابعا ، وحيث تكون الجدران جميعا رقيقة ، يبدو أن المسافات البينية تنشأ عن انفصام الخلايا عند الصفائح الوسطى .

الجدار الثانوى :

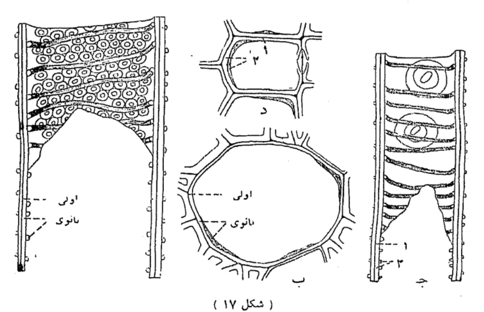
يستمر تغليظ الجدار فى كثير من أنواع الخلايا ، بعد أن تصل الخلية الى حجمها وشكلها الناضج . يقال لمثل هذا الجدار : الجدار الثانوى ، ويختلف عن الجدار الأولى فى عدم قدرته على زيادة رقعته،وأن التغيرات التى تدخل فى تكوين الجدار الثانوى ثابتة غير قابلة للارتجاع . ويغطى الجدار الأولى البروتوبلاست فيما عدا الأجزاء التى توجد فيها الروابط البلازمية ، ثم يتكون الجدار الثانوى فوق الجدار الأولى فيغطيه عدا الأجزاء التى تسمى أغشـية النقر . وكلما زاد الجدار الثانوى غلظا ، زادت فجوات النقر عمقا ، وتتخذ الفجوة فى بعض أنواع الخلايا نمطا معقدا مثل النقر المضفوفة . والغالب أن يكون الجدار الثانوى أغلظ من الجدار الأولى ، وهو هكذا فى أغلب الخلايا ذات الجدران الغليظة ، حيث يكون الجدار الثانوى الشطر الأعظم من الجدار الخلوى كله . أما فى القصيبات والأوعية التى توجد فى الخشب الأول ، فان الجدار الثانوى يغطى أجزاء أقل مما يغطى الجدار الأولى ، فهو يكون حلقات أو أشرطة حلزونية أو أشرطة متقطعة فوق الجدار الأولى الرقيق (شكل ٦٢) .

الطبقات الأخيرة من الجدار الثانوى فى بعض عناصر الخشب والتى تترسب فوق الجدار ، بعـد أن يتم تكوين النقر ، تتخذ شكل أشرطة حلزونيـة رقيقة (شكل ١٧) . ولما كان تكوين الأشرطة بعـد تمام بناء الجدار الثانوى ، فانهـا تسمى الحلزونات الثالثة أو التغلظات الحلزونية ، والمصطلح الأول يميزها عن الأشرطة الحلزونية الثانوية ، التى توجد فى عناصر الخشب الأول ، والتى تقرب منها شبها وتتكون الحلزونات الثالثة فوق الجدار الثانوى الغليظ ، أما حلزونات الخشب الأول فتتكون فوق الجدار الأول الرقيق .

التركيب الدقيق للجدار والصفيحة الوسطى

التركيب الأساسى للجدار الأولى والثانوى هو تكوين شبكى معقد من مادة السيليولوز ، تملأ فراغات هذا التكوين مواد خاصة ، ربما تتبدل بغيرها فيما بعد ففى الجدار الأولى يصاحب السيليولوز فى مراحل البناء الأولى مواد بكتينية . أما مادة البناء فى المراحل المبكرة من تكوين الجدار الثانوى فهى غالبا السيليولوز وربما كانت خليطا من مادتى السيليولوز ، ونصف السليلوز (والهميسيليولوز) .

أما المواد التى تدخل فى تركيب الجدار الثانوى فى المراحل التالية ، سواء بالاضافة أو بأن تحل محل المواد الأولى ، فهى اللجنين والكيتين والسوبرين وأنواع مختلفة من المواد غير العضوية ومواد التانين والزيوت وكثير غيرها .



(شكل ١٧)

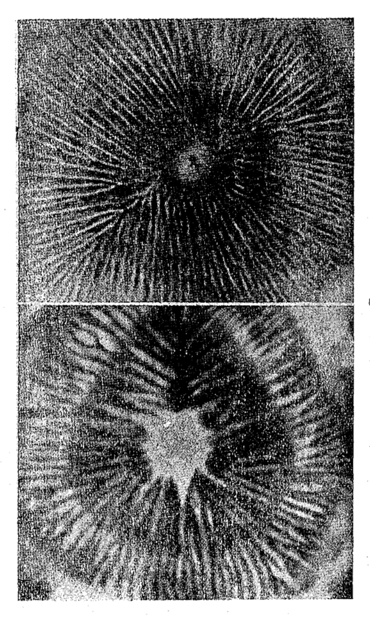
الجدار الاولى والجدار الثانوى والحلزونات الثالثة . ا — قطاع طولى و ب — قطاع عرضى فى وعاء من خشب الزيزفون الامريكى . جـ — قطاع طولى و د — قطاع عرضى فى قصيبة من خشب الزرنب

وفى التركيب الدقيق،تتكون الشبكة السيليوزية فىالجدارين من حزم متجمعة من اللويفات التى يكون حجمها صغيرا الى حدود الرؤية المجهرية . والمعتقد أن هذه اللويفات تتكون من ميسلات[١]،أى جزئيات متجمعة ، وربما كان التجمع على هيئة بلورية . وتكون اللويفات نظاما معقدا متشابكا ذا اتجاهات ثلاثة (شكل ١٨) وهى بذلك متماسكة أبلغ تماسك ، ومتصلة فى طول الجدار وعرضه ، وينتج عن الاختلاف فى حجم اللويفات وعددها ونظامها ، صور تركيبية مختلفة . فربما كان النظام مركزيا اشعاعيا فى أغلب أجزائه ، وربما كان على هيئة دوائر مركزية متعاقبة ، والنظام الأكثر شيوعا هو مزاج من الصورتين ، فيكون الأصل هو نظام اشعاعى مع زيادة وتركيز فى عدد اللويفات وحجمها فى مواضع متتابعة ، مما يكون دوائر مركزية .

---

(١) micellae.

وتوجد فى داخل هذا النظام الشبكى قنوات وفرجات تكون نظاما تكميليا آخر ، تترسب فيه مواد أخرى تكون هذه المواد التى تملأ هذه الفراغات نظاما تركيبيا ثانويا تعتمد هيئته أصلا على هيئة النظام الشبكى الأول . أى أن بنـاء الجدار ، ربما كان من مادتين مثل السيليولوز واللجنين ، وتكون المادتان متداخلتين.

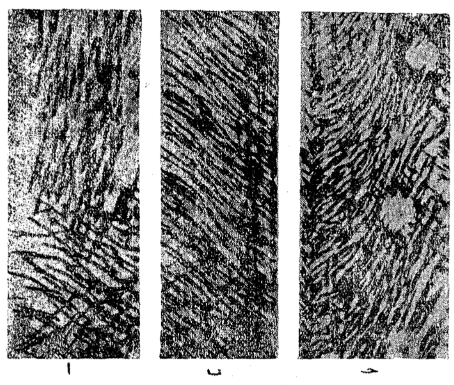


(شكل ١٨)

التركيب الدقيق للجدار الثانوى فى قصيبة ليفية من نبـات الصيبرونة . الرسم العلوى يبين شكل الجـدار بعـد اذابة اللجنين وازالته ويوضح النظام الاشـعاعى للسيليولوز الذى تبقى بعد تلك المعاملة . الرسم ا سفلى يبين شكل الجدار بعد ازالة السيليولوز ، ويوضح النظام الاشـعاعى للجنين . (عن شارب)

وفى الامكان اذابة واحــدة من هــذه المواد فتترك الأخرى بنظامها قائمة (شكل ١٨) ويختلف انتظام اللويفات والفراغات ، وأحجامها ، فى الخلايا المتشابهة فى الأجزاء المختلفة من الخلية ، بل وفى الطبقات المختلفة من الجدار الواحد .

وتنتظم اللويفات بحيث تكون أقطارها الطويلة متوازية مع بعضها البعض ، ومتوازية مع سطح الطبقة التى تكونها . واذا كانت حزم اللويفات غليظة فربما ظهرت على سطح الجدار الخلوى كخطوط دقيقــة . وقد تتخذ هــذه الخطوط أى اتجاه ، ولكنها تكون فى العادة حلزونية . ويختلف نظام اللويفات فى الطبقات المختلفة للجدار الثانوى (شكل ١٩) كما يختلف فى طبقات الجدار الأولى عنها



(شكل ١٩)

التركيب الدقيق للجدار الثانوى . عومل الجدار بادخال تجمعات بلورية من اليود لتملأ فرجات النظام الشبكى لمادة السيليولوز . وتنتظم البلورات فى تواز مع اللويفات وتبين الاختلافات فى انتظام السيليولوز فى الطبقات المختلفة من الجدار . ذلك فى قصيبات الخشب المتاخر فى اللاركس . ا ــ يبين الجزء الاسفل من الصورة النظام الحلزونى فى الطبقات الخارجية فى جدارى خليتين ملتصقتين ، اللويفات متعامدة. الجزء الاعلى من الصورة يبين اللويفات فى اتجاه يكاد يكون طوليــا . ب ــ تشبه ما يظهره الجزء الاسفل من الصورة السابقة تظهر فى غير وضوح . البلورات المتكونة فى جدار الخلية المتاخمة . جـ ــ تحولات فى النظام الحلزونى سببها وجود نقرتين مصفوفتين (عن بالى وفسنال)

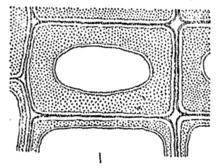
فى طبقات الجدار الثانوى المتاخمة ، حتى ليكون ذلك عونا على التميز بين هـذه الجدران . وتمتد اللويفات فى اتجاهات مختلفة فى الطبقات المتتابعة ، ويكون اتجاه خطوط التركيب فى الجدران الغليظة لخلية ما بزاوية على خطوط التركيب فى الجدران المتلاصقة للخلايا المجاورة ، وربما دل ذلك على أن لهذا النظام أثرا على الدعم الميكانيكى (شكل ١٩ ا الجزء الأسفل) . وفى القصيبات الليفية وأليـاف الخشب ، يكون المحور الطويل لفتحات النقر المضفوفة المستطيلة موازيا لحزم اللويفات التى تكون الجزء الأوسط من الجدار الثانوى . وتقع فجوة النقرة بين جدائل اللويفات الاشعاعية . أى أن شكل فتحة النقرة قد يدل على اتجاه اللويفات فى الجدران الغليظة .

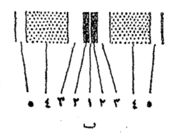
ويبقى الجدار رقيقا فى خلايا كثيرة . على أن ثخانة الجدار فى مراحل تكوينه المبكرة غير متساوية فى أجزائه المختلفة ، حتى لتكون له هيئة التركيب الشبكى ، أما عند النضج فان انتشار النقر الصغيرة قد يجعل للجدار هيئة غرباليه . وفى بعض الأحوال يكون الجدار الأولى بالغ الثخانة مثل خلايا تخزين الطعام فى أنسجة الاندوسبرم ، أو خلايا بعض الأنابيب الغربالية ، وربما كانت الجدران الغليظة فى الخلايا الكولنشيمية ، بما تحويه من نسبة عالية للماء ، ربما كانت جدرانا أولية . وفى أحوال كثيرة يكون التميز عسيرا بين الجدار الأولى الغليظ ، والجدار الأولى المضاف اليه جدار ثانوى ، ما لم يستعن بدراسات خاصـة للصـفات البصرية لطبقات الجدران .

ولا تستبين الطبقات المتتابعة فى الجـدار الأولى الا بمعالجة خاصة . بل ان المشاهد فى خلايا الخشب وخاصة الخشب الصميمى ، أن تكون الجدران الأولية للخلايا المتلاصقة والصفائح الوسطى الواقعة بينها ، قريبة الشبه فى هذا التركيب الكيمائى ، حتى ليصعب التميز بينها . ولعل هذا مرجعه ما شاع من الاستعمال غير الدقيق لمصطلح الصفيحة الوسطى ليدل على طبقة ثلاثية التركيب : الجداران الأوليان والصفيحة الوسطى مع ما يلاصقها من طبقات الجدار الثانوى .

أما الجدار الثانوى ، وهو يمثل الجزء الأكبر من الجدار فى أغلب الخلايا ذات الجـدران الغليظة ، فيظهر فيه التركيب الصفائحى ، أى أن تكون به طبقـات متتابعة يختلف عددها حتى ليبلغ عدة طبقات . وفى الغالب يمكن التمييز بين ثلاث طبقات رئيسية،وخاصة فى خلايا الخشب : طبقة خارجية تلاصق الجدار الأولى،وطبقة

وسطى غليظة ، وطبقة داخلية رقيقة ، أى أن الحائط الذى يفصل خليتين ، سواء كان المقصود وحدتى بروتوبلاست (خلايا حية) أو فراغين خلويين (خلايا ميتة) ، يتكون من تسع طبقات رئيسية منها ست ثانوية ، وطبقتين للجدران الأولية وطبقة الصفيحة الوسطى (شكل ٢٠) . وكثيرا ما يظهر فى الطبقات الوسطى الغليظة





(شكل ٢٠)

رسم تخطيطى يبين بناء الجدار والصفيحة الوسطى فى جدار خلوى غليظ من ليفة خشبية . ا ــ قطاع عرضى فى ليفة وفى الاجزاء المتاخمة من سبع ليفات اخرى .
ب ــ قطاع عرضى فى جدارين متلاصقين وهو جزء مكبر من القطاع السابق ويبين :
١ ــ الصفيحة الوسطى
٢ ــ الجدار الاولى
٣ ــ د ، هـ ــ الطبقات الخارجية والوسطى والداخلية من الجدار الثانوى (عن بالى)

من الجدار الثانوى ، عدد من الطبقات الصغرى التى تتباين درجة وضوحها . والوظيفة الأساسية للجدار الثانوى الغليظ هو الدعم الميكانيكى .

وفى غضون مراحل النضج،تتعرض طبقات الجدران جميعا، بما فى ذلك الصفيحة الوسطى لتغيرات طبيعية وكيمائية مختلفة ، وربما تتعرض لتغيرات أخرى فى مراحل لاحقة ، مثال ذلك ما يحدث من تغيير عند تحول الخشب الرخو الى خشب صميمى فالصفيحة الوسطى التى تتكون فى أول نشأتها من مواد بكتينية فى الغالب تتحول الى طبقة بالغة التلجنن فى الخلايا ذات الجدران الغليظة ، وتتحول الى طبقة كيتينية فى منطقة البشرة ، دون أن يظهر فيها أثر لطبقات . ومثل ذلك يقال عن الجدار الأولى الذى يتلجنن فى أنسجة الخشب والخلايا الاسكلرنشيمية . كما أن المواد المعدنية غالبا ما تتراكم فى هذا الجدار الأولى ، وكثيرا ما تصبح تلك الجدران جيلاتينية أو مخاطيـة فى أنسـجة البشرة من البذور والثمار . على أن التلجنن والتكوتن والتسوبر ، هى التغييرات الرئيسية فى الجدران الثـانوية ، كما أن الطبقات الجلاتينية شائعة فى الجدران الثانوية لخلايا الخشب .

طريقة بنــاء الجدار :

لم يتيسر بعد الادراك الكامل للطريقة التى تضاف بها مواد البنــاء الى الجدار الذى تتسع رقعته وتزداد ثخانته . وقد ورد وصف طريقتين : الأولى هى الترسب ، أى وضع دقائق جديدة على هيئة طبقات فوق سطح الجدار الذى سبق الى التكوين ، والثانية هى التحشير ، أى وضع دقائق المادة الجديدة بين الدقائق التى تم وضعها . فاذا نظرنا الى الجدار على أنه تركيب شبكى ما تزال تضاف اليه مواد جديدة وتزداد رقعته ، فان فكرة التحشير تصبح مقبولة كوسيلة أساسية فى بناء الجدار . كما أن تميز طبقات متتابعة فى الجدار الثانوى واتخاذ اللويفات اتجاهات متباينة فى الطبقات المتتابعة ، يدل على أن اضافة مواد بنــاء الجدران تنحصر فى الطبقات الملاصقة للبروتوبلاست ، وأن الطبقات المتتابعة تدل على تتابع زمنى فى عملية البناء والتكوين . أى أننا اذا أخذنا فى الاعتبار الطبقات الرئيسية للجدار ، لرأينا أن الترسب هو الطريقة الغالبة فى البناء . فاذا أخذنا كل طبقة على حدة فاننا نجد أن بناءها يتم بطريقتى الترسب والتحشير معا . أما حيث يتسع التركيب الشبكى الأصلى باضافة ميسلات أو لويفات جديدة ، وحيث يتغير التركيب الكيميائى لبناء الجدار بتغير دقائقه ، أو بترسيب مواد جديدة فى فراغات التركيب الشبكى ، فان وسيلة ذلك كله هى ولا شك التحشير .

الروابط البلازميــة :

الدليل على العلاقة الوثيقة بين البروتوبلاست والجدار هو وجود كثير من خيوط السيتوبلازم الدقيقة تربط البروتوبلازم فى الخلايا المتلاصقة (شكل ٢١) تسمى هذه الخيوط الروابط البلازمية ، وتملأ الثغرات التى تكتنف الجدران الأولية فى الخليتين . هــذه الروابط من مميزات الخلايا الحيــة ، وهى ولا شك موجودة فى كافة الأجزاء الحية من النباتات الراقية ، وتكون الصلة التى تجعل للبروتوبلازم صفة الاستمرار فى النبات كله على الرغم من انقسامه الى وحدات هى الخلايا التى تحــدد معالمها وتميزها الجــدران . ونظرا للرقة المتناهية التى تتصف بها هذه الروابط ، ونظرا لطبيعتها البروتوبلازمية فان مشاهدتها تستلزم فى أغلب الأنسجة طرقا خاصة للتحضير . وحيثما تلتقى لويفات جدران الخلايا المتاخمة عند الصفيحة الوسطى،فكثيرا ما تشاهد تغليظات موضعية،هى فى الغالب تضخم فى خيوط الروابط البلازمية . يرجع ذلك الى أن المادة بين الخلوية ، تكون

فى الغالب بروتوبلازمية فى المراحل الأولى لتكونها ، وبذلك تمتزج الخيوط موضعيا مع المادة بين الخلوية . وربما كان هذا التضخم أثرا صناعيا لعمليــات التحضير والتجهيز التى تسبق الدراسة التشريحية . وتمكن مشاهدة الروابط البلازميــة فى يسر فى نسيج الاندوسبرم فى بعض البذور مثل البلح والكستناء الهنــدى والكاكى ، حيث يزيد الغذاء المختزن فى غلظ الجدران . كما يمكن مشاهدتها فى أنسجة فلقات بعض البذور . والروابط البلازمية بالغة الرقة فى عاريات البذور . ولم تتيسر مشاهدة هذه الروابط فى المراحل المبكرة من تكون الجدران ، كما أنها تختفى عندما تموت الخلية ، وفى خلايا القصيبات والأوعية الخشبية حيث يختفى البروتوبلازم وتذهب بذهابه الروابط البلازمية ، وتنسد القنوات التى تكتنف الجدار التى كانت الروابط تمر خلالها .

وتكون الروابط فى مجموعات أو تكون متفرقة . والعادة أن تتجمع فى مناطق محدودة رقيقة من الجدار الحدث ، وهى ما سميناها حقول النقر الأولية . أما فى الجدران الناضجة ذات الطبقات الثانوية ، فان المجموعات الرئيسية لتلك الروابط توجد عبر أغشية النقر ، وهى تلك الأجزاء الرقيقة من الجدار ، التى تفصل بين نقرتى جدارين متلاصقين . وقد قيل ان وجــود مجموعات من تلك الروابط فى الجدار الأولى يحدد مواضع النقر .

منشأ الروابط :

تمثل الروابط البلازمية — فى أغلب الظن — بقايا اتصالات البروتوبلازم فى الخليتين الوليدتين ، ورغم أن وجودها لم يثبت بالمشاهدة عبر الجدران الرقيقة جدا ، التى يبدأ بهــا تكون الجدار الخلوى ، فان وجودها قد يكون واضحا فى الخلايا المرستيمية . ففى المراحل الأولى من البناء يكون الجدار شبكى التركيب ، له ثقوب وفرجات تحوى مادة السيتوبلازم دون شك . وطبيعة الصفيحة الخلوية عندئذ غير معروفة ، وهى لا شك تتكون جزئيا من مادة بروتوبلازمية . وبينما تترسب المواد السيليولوزية والبكتينية فى الطبقات الثلاث ، التى تفصل الخليتين الوليدتين ، تصبح الصلات السيتوبلازمية قاصرة على خيوط غليظة فى الامكان مشاهدتها .

يبــدو أنه كلما زادت رقعة الجدار نتيجة لنمو الخليــة زاد عدد الروابط البلازمية . وربما كانت هذه الزيادة فى العدد نتيجة لانشقاق الروابط الأصلية .

وفى الغالب لا تستحدث هذه الروابط . أى أن الروابط البلازمية الثانوية نادرة ، وقد تنشأ عندما تستحدث مناطق تلاصق جديدة بين الخلايا التى تنمو . ففى النمو التوافقى تتوزع الروابط البلازمية على رقعة أوسع،وربما صاحب ذلك زيادة عددها بالانشقاق . أما فى حالة النمو الانحشارى فمن المؤكد أن الروابط تتمزق بينما تستحدث مناطق جديدة لتلاصق الخلايا . فاذا كانت الجدران المتقابلة حديثة التكون ، فان روابط بلازمية جديدة تنشأ عبرها . ولقد قيل ان مثل هذه الروابط الثانوية لا تتكون قط ، ويستدل على ذلك بأن هذه الروابط لم تشاهد فى مساحات التلاقى الجديدة ، بين جدران الألياف الخشبية ، والعناصر النامية فى الأوعية . ولكن الواقع أن الروابط البلازمية تشاهد عندما يكون التلاقى بين الأوعية النامية والخلايا البرنشيمية المتاخمة . ولعل وجود هذه الروابط فى هجن التطعيم بين الخلايا ذات الأصل الوراثى المختلف لدلائل كافية على أن الروابط البلازمية قد تكون ثانوية النشأة .

الوظيفة :

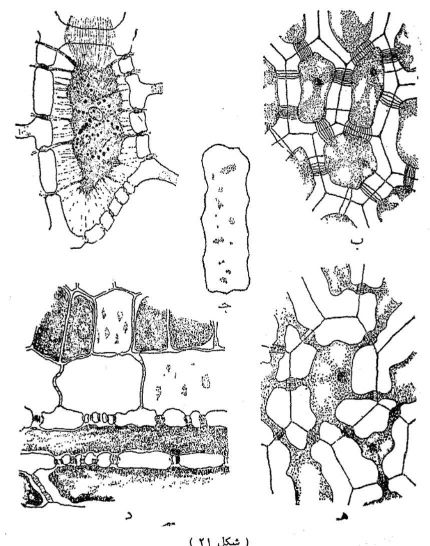
يقول بعض الباحثين بأن الروابط البروتوبلازمية « قنوات لانتقال المواد الصلبة » ويقول آخرون بأنها « ممرات الاحساس والتأثر » . على أن البرهان لم يقم على أنها تقوم فعلا بمثل تلك الوظائف . وليس من شك أن لوجودها أهمية متعددة الجوانب ، لأنها تربط بين الوحدات البروتوبلازمية ، التى يتكون منها جسم النبات ، وتجعل منه تركيبا بروتوبلازميا متكاملا .

الرسوم والنقيرات فى الجدار

النقر :

تظهر أثناء مراحل التغليظ المبكرة فى الجدار الأولى مساحات واضحة الحدود فى حقول النقر الأولية ، تبقى رقيقة لا تغطيها طبقات الجدار . ومع استمرار تغليظ الجدار تتكون فى هذه المواضع المحدودة انخفاضات أو فجوات فى الجدار . والنقرة هى الفجوة وما يحوط بها من جدران ، أى أنها الجزء العارى من الجدار الأولى الذى يقع عند القاع ، والجدران التى تحدد جوانب الفجوة،والتى قد تكون سقفا . وشاع فى الاستعمال أن تدل كلمة النقرة على الفجوة فقط ، دون ما يحوطها من جدران ، ولكن الأفضل أن تشمل الفجوة وأجزاء الجدار التى تقع فيها .

والنقر من المعالم الواضحة فى الجدران الخلوية الناضجة . وتتباين النقر فى أشكالها وأنماطها وكثرتها . وهى موجودة فى كافة أنواع الخلايا عدا ذوات الجدران الرقيقة . ووظيفتها فى أغلب الظن ، انها مناطق انتشار وتسرب ، أى مناطق



(شكل ٢١)

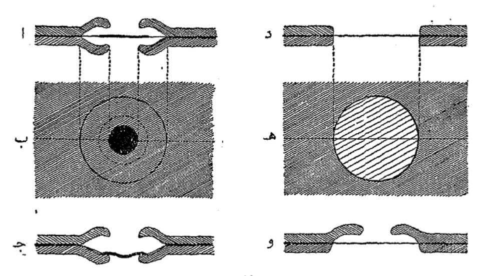
الروابط البلازمية . ا — خلية من عنق الورقة من نبات الماراتيا (السيتوبلازم مبلزم) ج — خلية من قشرة نبات لسان الحية ، وترى الروابط فى منظر رأسى . د — فى خلايا القلنسوة الجذرية والقشرة المجاورة من نبات الفول . ب خلايا نسيج الاندوسبرم فى الكاكى . هـ خلايا نسيج الاندوسبرم فى البلح

يتيسر فيها التبادل بين محتويات الخلايا ، وربما كانت مناطق لتبادل أشياء أخرى ، بدليل ما يشاهد عادة فى الخلايا الحية ، من وجود مجموعة الروابط البلازمية فى النقر بدرجة أكثر من وجودها فى غيرها من مناطق الجدار (شكل ٢١) .

وتعتبر النقر من المميزات التكوينية فى الجدار الأولى وحده أو الجدار الأولى المضاف اليه الجدار الثانوى . والنقر التى تكتنف طبقات الجدارين أيسر مشاهدة . أما نقر الجدار الأولى ، فلا تكون واضحة الا اذا كان الجدار على درجة من الغلظ .

النقرة المزدوجة :

للنقرة فى جدار الخلية نقرة تقابلها وتكملها فى جدار الخلية الملاصقة . وتكون النقرتان معا وحدة تركيبية ووظيفية تسمى نقرة مزدوجة . وقد سبب ما شاع من اطلاق كلمة النقرة لتدل على النقرة المفردة وعلى النقرة المزدوجة على حد سواء ، لقد سبب ذلك صعوبات وابهاما فى وصف هذه التراكيب . وان ادخال مصطلح النقرة المزدوجة ، ليدل على النقرتين المتقابلتين على نحو ما وصفنا ، يزيل هذا اللبس .



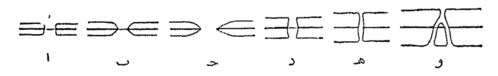
(شكل ٢٢)

رسوم تخطيطية لانواع ثلاثة من النقر . ا ، ب قطاع ومنظر سطحى لنقرة مزدوجة بين الضفاف المرتفعة فى نفوس من الجدار الثانوى وفى الضفاف التى تحتوى فجوات النقرة التى يفصلها الغشاء الفالق وجزؤه الاوسط مغلظ . (التخت) . جـ قطاع فى النقرة المزدوجة ذاتها مبينا الغشاء الفالق فى وضع جانبى والتخت منضغط على فتحة النقرة . و د ، هـ قطاع ومنظر سطحى مزدوجة النقرة بسيطة ولا ينقوس فيها الجدار الثانوى لينحوط بالفجوات ، والغشاء الفالق بسيط ذو تخت . و ـ قطاع فى نقرة مزدوجة نصف مصفوفة وفيها يتقوس الجدار الثانوى فوق فجوة احدى النقرتين ، وليس لها تخت

للنقرة انخفاض يكتنف الجدار يسمى فجوة النقرة . والغشاء الذى يفصل بين نقرتى نقرة مزدوجة يسمى غشاء النقرة ، أو غشاء غالقا . وفوهة النقرة

أو ثغرها عند السطح الداخلى للجدار تسمى فتحة النقرة . أى أن للنقرة المزدوجة فجوتين وفتحتين وغشاء واحدا . ويتكون غشاء النقرة من ثلاث طبقات،هى الجدار الأولى فى الخليتين والصفيحة الوسطى . ويلاحظ أن التركيب الكيمائى لأجزاء الجدار والصفيحة الوسطى التى يتكون منها غشاء النقرة تختلف عما عداها من أجزاء الجدار الأولى والصفيحة .

ونميز عادة بين نوعين من النقر : البسيطة والمضفوفة (شكل ٢٢) ، وتكون نقرا مزدوجة بسيطة عندما تكون النقرتان بسيطتين ، ونقرا مزدوجة مضفوفة عندما تكون النقرتان مضفوفتين ، ونقرا مزدوجة نصف مضفوفة ، اذا كانت نقرة بسيطة والأخرى مضفوفة .



(شكل ٢٣)

رسوم تخطيطية لاشكال النقرة المزدوجة البسيطة كما تبدو فى القطاع . ا ــ جدران الفجوة متعامدة على الغشاء الغالق . ب ، ج ــ الجدران مائلة بعيدا عن الغشاء الغالق . د ، هـ ــ الفجوات تضيق قليلا قرب الفتحات . و ــ زوج من النقر البسيطة المزدوجة وقد التحمت فجوتاهما فى جانب وأصبح لهما فتحة واحدة . ولا تتميز الفجوة فى أى من هذه الاشكال الى غرفة قناة على نحو ما يشاهد فى النقر المضفوفة

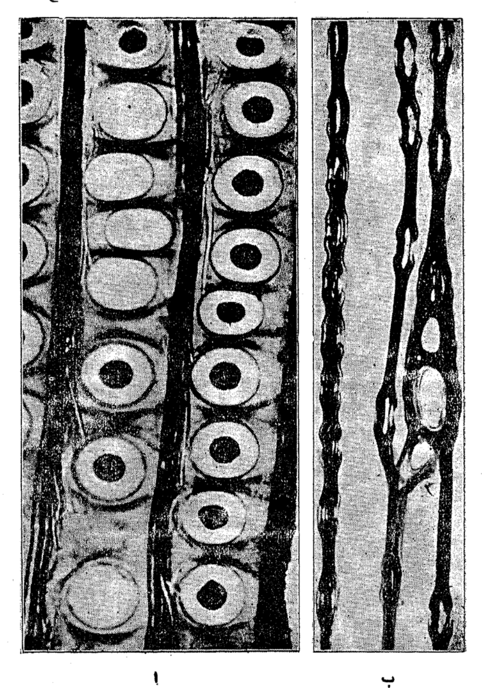
النقرة البسيطة :

هى نقرة يظل قطر فجوتها ثابتا ما استمر تغلظ الجدار ، أو أن يتسع القطر أو أن يضيق قليلا . وغشاء النقرة بسيط التركيب والشكل . ويبدو للنقرة البسيطة فى القطاع ، جدران جانبية قائمة على اتجاه الجدار الأولى أو مائلة نحو الخارج مما يظهر الغشاء الغالق ، أو مائلة قليلا جدا نحو الداخل أى نحو مركز النقرة (شكل ٢٣) . والنقرة البسيطة التى تضيق حجرتها نحو الفتحة تشبه الى حد ما النقر المضفوفة ولكن الغشاء الغالق غير ذى تخت .

النقرة المضفوفة :

أما فى النقرة المضفوفة فان الجدار يرتفع أثناء تغلظه على نحو يتكون به غطاء أو سقف مقوس فوق الفجوة . ويكون الغشاء الغالق معقد الشكل والتركيب

(أشكال ٢٤ ، ٢٥) . وتسمى النقرة مضفوفة لأن منظرها الرأسى يبين دائرة خارجية تحوط بدائرة الفتحة كالضفة . الدائرة الخارجية تمثل موضع ارتفــاع

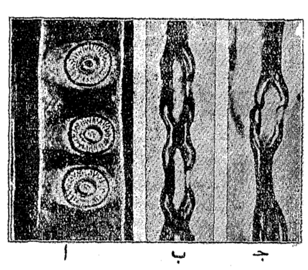


ا ب

(شكل ٢٤)

نقر مزدوجة مصفوفة فى تصيبات خشب المخروطيات . ا النقر فى منظر سطحى وتظهر النتوءات الجدارية وحدود الفتحات والتخت والفجوات . ب النقر فى قطاع وتظهر الفتحات والفجوات والتخت فى أوضاع جانبية

الجدار وتقوسه ليكون ضفة النقرة . وتبدو النقرة المضفوفة فى القطاع كفجوة محوطة بالجدار الثانوى (شكل ٢٤) . وعنـدما يكون الجدار الثانوى غليظا (شكل ٣٠) فان الفجوة تنقسم الى جزئين ، أحدهما خارجى هو حجرة النقرة ، ومجرى يصل بين هذه الحجرة وفراغ الخلية وتسمى قناة النقرة . أما اذا كان الجدار الثانوى غير غليظ (شكل ٢٢) فلا يتيسر التمييز بين الحجرة والقناة . وللقناة فتحة خارجية تطل على حجرة النقرة ، وفتحة داخليـة تطل على فراغ الخلية ، ونذكر أن فجوة النقرة البسيطة لا تتميز الى قناة وحجرة ، ولكن فجوة النقرة البسيطة العميقة التى تكتنف الجدار الغليظ ، تكون أشبه بالقناة لها فتحة واحدة ، تطل على الفراغ الخلوى .



(شكل ٢٥)

نقر مزدوجة مضفوفة . ا ــ منظر سطحى وتظهر فيه ثقوب الحلقة الجانبية من غشاء النقرة ، من نبـات اللاركس× ٥٢٠ . ب ، ج ــ قطاع طولى يبين التخت فى وضع جانبى ، وفى ج يبدو منضغطا على فتحة النقرة ، نوع من الصنوبر× ١٠٠٠ (عن بالى)

أما فى النقـرة المزدوجة نصف المضـفوفة ، فان النقـرتين تختلفـان على نحو ما تختلف النقرة البسيطة عن المضفوفة ، ويكون للغشاء الغالق تخت ضعيف أو لا يكون .

ولا يقتصر تعقد التركيب فى النقر المزدوجة المضفوفة على شكل الفجوة ، بل ان غشاء النقرة معقد أيضا . فغشاء النقرة الذى يتكون من جزئين من الجدار الأولى فى الخليتين وما بينهما من الصفيحة الوسطى ، يتميز بتغليظ خاص فى جزئه

الأوسط يسمى التخت محوط به نطاق رقيق غير ذى تغليظ . والطبيعة الثلاثية غير واضحة المعالم ، ذلك لأن الطبقات متشابهة جميعها من النواحى التركيبية والكيميائية ، اذ هى فى الغالب مواد سيليلوزية . وفى بعض عاريات البذور يكون الجزء المحيط الرقيق من الغشاء الغالق مثقبا بثقوب صغيرة (شكل ٢٥) ، وربما كانت الثقوب كبيرة حتى يكون التخت معلقا بغشاء شبكى ، وفى أحوال نادرة يكون الجزء الرقيق مهلهلا ويتكون من أجزاء شريطية . وقد استدل على وجود الثقوب فى هذا الجزء من الغشاء بمرور دقائق صلبة من مسحوق المداد الهندى من قصيبة الى قصيبة مجاورة .

وربما يتغير وضع الغشاء الغالق فى النقرة المزدوجة المضفوفة فيكون فى تلك الناحية من الفجوة أو فى الناحية الأخرى . ويرجع ذلك فى أغلب الظن الى تغير الضغط فى داخل الخلايا . أى أن التخت قد يتخذ وضعا وسطيا (شكل ٢٣) ، أو أن يكون قريبا أو ملاصقا لفتحة النقرة على أحد الجانبين (أشكال ٢٢ ج ، ٢٥ ب) . والوضع الجانبى هو نتيجة ازدياد الضغط على التخت حتى يلتصق بالفتحة وربما دخل فيها ولو جزئيا (شكل ٢٣ ج) . وقطر التخت فى العادة أكبر من قطر الفتحة ، أى أن الوضع الجانبى للتخت يغلق الفتحة تماما فلا يتيسر النفاذ من خلية الى أخرى الا خلال التخت . أما اذا كان التخت فى وضع وسطى فان المرور قد يتيسر عبر الأجزاء الرقيقة التى تحوط التخت . ومن البديهى أن المرور فى التخت الغليظ مختلف عن المرور فى الغشاء المحيطى الرقيق . أما فى عاريات البذور فيكون هذا الجزء المحيطى من الغشاء مثقبا وبذلك يسمح بالمرور والتبادل اليسير اذا كان التخت فى وضع وسطى . وهذا ما شوهد فى عاريات البذور دون أن يقوم عليه دليل بعد فى غيرها من المجموعات النباتية . ويتميز الخشب الربيعى الحى بتلك الأغشية التى يمكن أن يحدث فيها تغير فى الوضع . أما فى الخشب الصيفى فالأغشية ثابتة الوضع . ويقال ان الأغشية تتخذ وضعا وسطيا ثابتا فى ٢٠ — ٦٠٪ من أنسجة الخشب عامة ، أما الأغشية فى الخشب الصميمى فهى مجمدة فى الأوضاع التى كانت عليها عند التحول الى الخشب الصميمى . ولهذه الخصائص التى تتميز بها أغشية النقر أهمية خاصة فى ضغط المواد الحافظة وغيرها الى داخل الخشب . فالضغط يسبب تمزق أغشية النقر التى تتخذ أوضاعا ثابتة فى الخشب الصميمى والأنسجة الصيفية من الخشب الرخو ، الأمر الذى ييسر

مرور السوائل الحافظة . وربما كانت أغشية النقر فى الخشب الصميمى مشققة نتيجة لانكماشها مما ييسر تمزقها تحت الضغط . أما فى الخشب الربيعى الحى فان الضغط يسبب تحول الأغشية الى أوضاع جانبية يغلق فيها التخت فتحة النقرة على نحو يصعب معه تمزيق التخت وبذلك يتعذر مرور تلك السوائل .

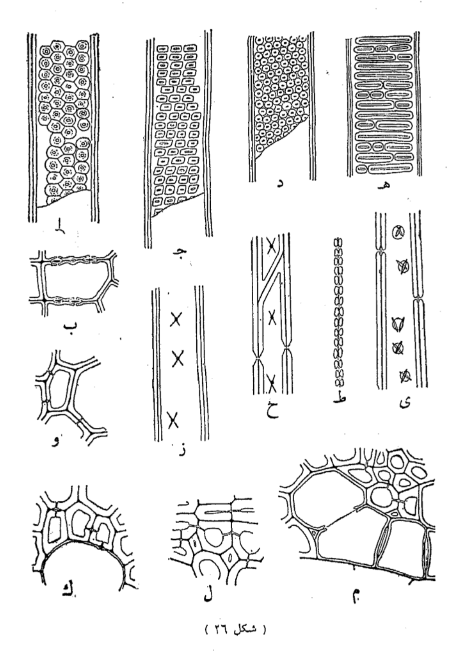
ولا يوجد غير القليل النادر من النقر غير ما ذكرنا ، وربما كانت نقرة واسعة فى جدار خلية تقابلها نقرتان أو أكثر من النقر الصغيرة فى جدار الخلية المتاخمة وهذا ما يطلق عليه « نقرة مركبة وحيـدة الجانب » . وربما كانت النقرة كفيفة أى لا يقابلها نقرة فى الجدار الملاصق ، وهى فى الغـالب أشطار نقر مزدوجة انفصمت نتيجة لتغير الأوضاع فى الجدران أثناء نمو الخلايا . والنقر التى تبدو مكفوفة فى قطاعات الخشب وغيره من الخلايا ذات الجدران الغليظة هى فى الواقع نقر مزدوجة مر بها القطاع مائلا .

وتوجد النقر المزدوجة البسيطة ذات القناة التى تضيق قليلا وتدريجيا نحو الفتحة ، فى الخلايا البرنشيمية ذات الجدران الغليظة وفى بعض الاسكلريدات وغيرها . وقد سمى بعضها خطأ « نقرا مضفوفة » دون أن يكون لها الغشاء الذى تتميز به النقر المضفوفة ، ولا تتميز فيها الفجوة الى حجرة وقناة . والنقر المضفوفة من الخصائص المورفولوجية للخلايا موصلة الماء وما يتشعب عنها . ولو سمينا النقر ذات الحدود المقوسة قليلا « نقرا مضفوفة » فان ذلك يعنى غض النظر عن تراكيب شكلية هامة .

وتوجد النقر البسيطة فى الجدران الأولية كما توجد حيث الجدران الأولية والثانوية معا . وهى شائعة فى أنواع عديدة من الخلايا . أما النقر المضفوفة فتوجد فى الجدران التى تتضمن الطبقات الأولية والثانوية ، وتتميز بها الخلايا موصلة الماء وأنواع الخلايا التى تنشأ عنها . ونوع النقر ثابت فى الخلية الواحدة وفى النوع الواحد من الخلايا .

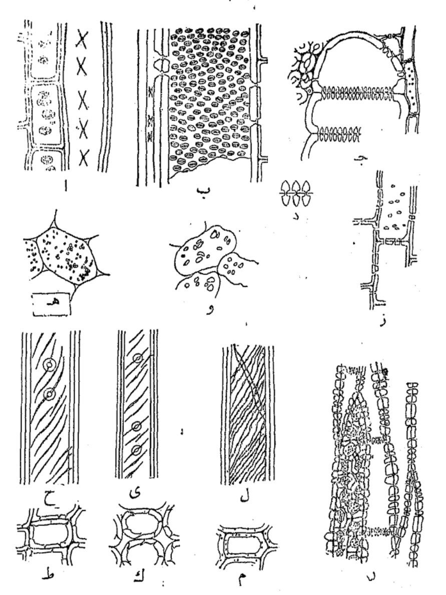
التغيرات فى حجم النقر المضفوفة وتركيبها :

تتبـاين النقر المزدوجة المضـفوفة من حيث الحجم والشكل (أشـكال ٢٦ ، ٢٧ ، ٢٨) . وأهم تحول عن الشكل والحجم المعتادين ، هو ذلك الذى يصاحب التخصص والاختصار على نحو ما يشاهد فى نقر الألياف والقصيبات



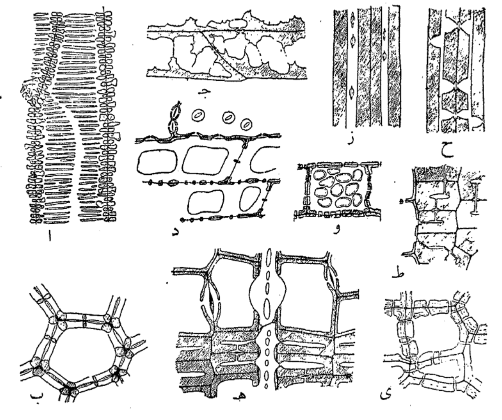
(شكل ٢٦)

نقر مزدوجة مضفوفة . (ا) منظر سطحى لزحمة من نقر مزدوجة مضفوفة ذات أضلاع (ب) قطاع فيما يبينه الرسم السابق ، قصيبة من نبات ا جاتس . (ج) منظر سطحى لنقر مزدوجة ذات محيط مستطيل الشكل ، ومنتظمة فى صفوف أفقية ، وعاء خشب من نبات الزنبق . (د) منظر سطحى لنقر مزدوجة ، منتظمة فى صفوف حلزونية ، وعاء خشب من الاسفندان الاحمر . (هـ) منظر سطحى لنقر مزدوجة مستطيلة من وعاء خشب من المانوليا الزرقاء ، تظهر نفس النقر فى قطاع طولى بالرسم ط ، وفى قطاع عرضى بالرسم م . و ، ذ — نقر مزدوجة ذات فتحات داخلية ضيقة كما تظهر فى القطاع (و) وفى المنظر السطحى . من ليفة خشبية ذات جدران غليظة من حور رجراج (ح) نقر مزدوجة تشبه السابقة من ليفة خشبية من المانوليا ، كما تظهر فى المنظر السطحى وفى القطاع الطولى ، أما فى القطاع العرضى فتظهر فى الرسم ل.ى ، (ك) نقر مزدوجة ذات فتحات داخلية غير متماثلة ، من ليفة خشبية من التفاح البرى . منظر سطحى وقطاع طولى وقطاع عرضى . (م) قطاع عرضى فى ليفة من المانوليا تبين نقرا مزدوجة كبيرة وأخرى صغيرة



(شكل ٢٧)

نقر مزدوجة ومظاهر أخرى فى الجدران الخلوية . (ا) مجموعات من النقر المزدوجة البسيطة فى برنشيمة الخشب ، ونقر مزدوجة مضفوفة صغيرة جدا فى الألياف . منظر سطحى من نبات المران الامريكى . (ب) نوعان من النقر المزدوجة المضفوفة فى منظر سطحى من وعاء خشبى وليفة وقطاع فى نقرة مزدوجة نصف مضفوفة بين وعاء خشبى وخلية برنشيمية ، نبات الابنوس . (جـ) نفس النقر التى تظهر فى الرسم السابق كما تظهر فى القطاع العرضى ، وتظهر أيضا نقر مزدوجة بسيطة فى منظر سطحى وفى قطاع من خلايا برنشيمية . (د) رسم تفصيلى لنقرة مضفوفة بين أوعيـة خشبية كالتى تظهر فى الرسم السابق.(هـ ــ و) نقر مزدوجة بسيطة فى خلايا برنشيمية رقيقة الجدران ، هـ ــ من نخاع الزوبيح ، و ــ من غلاف ثمرة البطيخ . (ز) نقر مزدوجة بسيطة فى خلايا برنشيمية غليظة الجدران من نخاع ياسمين البر . (ح ــ ط) منظر سطحى وقطاع عرضى للجدار الثانوى فى قصيبة من خشب الصنوبر العزيزى . (ى ــ ك) منظر سطحى وقطاع عرضى فى الجدار الثانوى فى قصيبة من خشب السكوبا . يبدو فى الحالتين التشقق الذى يمتد عبر فتحة النقرة أشبه ما يكون بالفتحة المستطيلة . (ل ــ م) تآكل الجدار الثانوى بتأثير خيوط قطرية ويبدو كأن بالجدار تشققا وبالرسمين منظر سطحى وقطاع عرضى فى قصيبة من خشب الفشاغ (ن) نقر مزدوجة بسيطة فى خلايا شعاعية وخلايا برنشيمية خشبية ذات جدران غليظة كما تبدو فى المنظر السطحى والقطاع.من الخشب الصيفى المتأخر فى المانوليا



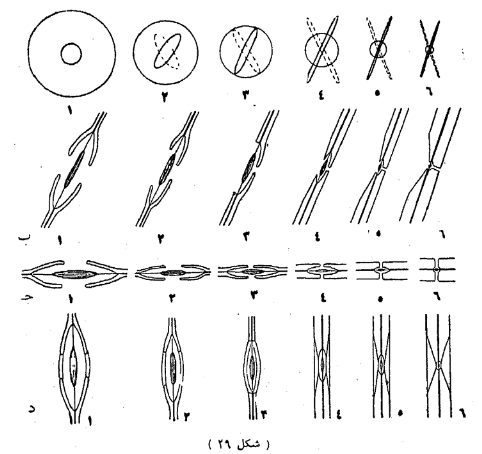
(شكل ٢٨)

نقر مزدوجة . ا ، ب منظر سطحى وقطاع نقر مزدوجة مضفوفة مستطيلة فى قصيبة من خشب سرخس الأسمندة . جـ ــ نقر مزدوجة مضفوفة وتسننات على الجدار . قطاع فى خلية شعاعية جانبية فى صنوبر بالكسيانا . د نقر مزدوجة مضفوفة ونصف مضفوفة وبسيطة فى منظر سطحى وفى المقطع ، خلايا أشعة خشبية ، قطاع قطرى فى الصنوبر العزيزى هـ ــ قطاع فى نقر مزدوجة بسيطة ، ومنظر سطحى لنقر مزدوجة نصف مضفوفة فى خلايا أشعة خشبية ، صفصاف أبيض . ذ ، ح ، ظ ، ــ نقر مزدوجة مضفوفة صغيرة فى الوضع وقنوات النقر ، التى تصل بين غرف النقر وفراغ الخلية ، ضيقة وطويلة . تبدو هذه النقر فى الرسوم الثلاثة فى منظر سطحى ، وقطاع طولى وقطاع عرضى على التوالى ، وهى فى ألياف خشبية من الكافور . ى ــ نقر مزدوجة بسيطة فى خلايا حجرية من لحاء الشنار

الليفية . ففى النقر المضفوفة المعتادة تكون حدود الفجوة دائرية المحيط وكبيرة ، كذلك تكون الفتحة دائرية (أشكال ٢٤ ، ٢٩ ا) . فاذا كانت النقرة فى جدارن رقيقة ، فان قبوة النقرة قد تمتد منتفخة داخل فراغ الخلية ، مثال ذلك ما يشاهد فى قصيبات الخشب الربيعى فى « لاركس » وبعض أنواع الصنوبر (أشكال ٢٨ هـ ، ٢٩ ب ، ا) . وهذه النقر كبيرة بالنسبة للخلايا التى تحويها (شكل ٢٤) ، وقد تبدو فى القطاع كأنها خلايا دقيقة (شكل ٢٨ هـ) . أما فى الخلايا ذات

الجدران الغليظة فان وجود النقرة لا يسبب انتفاخا أو بروزا سطحيا فى الجدار . وتكون بين فتحة الحجرة قناة النقرة ، أى أن الفتحة لا تطل مباشرة على الحجرة .

والشائع فى النقر المزدوجة المضفوفة ، أن يقل حجم الحجرة وتصغر الفتحة كلما كان الجدار غليظا . وفى الجدران تطل الحجرة والفتحة الخارجية دائرية المحيط بينما تكون الفتحة الداخلية ضيقة ، وربما تستطيل حتى لتصبح بيضية المحيط أو كالشق (شكل ٢٩) . فاذا كان ضيق الفتحة الداخلية محدودا فانها تظهر فى المنظر السطحى كأنما تمتد نحو محيط الفجوة (شكل ٢٩ ا ٢) ، وربما تصل الى حدود هذا المحيط (شكل ٢٩ ا ٣) أى لا تكون هناك قبوة عند نقط امتدادها . وربما زاد ضيق الفتحة الداخلية حتى ليمتد شقها الى ما بعد حدود الحجرة على نحو ما يظهر فى المنظر السطحى (شكل ٢٩ ا ٤ — ٦) . وفى الأحوال التى يزداد فيها تغليظ الجدار بحيث يصغر حجم النقرة ، فانه يلاحظ أنه كلما صغر قطر الحجرة زاد طول الفتحة الداخلية،ولا توجد هذه الفتحات المستطيلة الا فى الجدران الغليظة ، ولذلك يكون شكل القناة التى تصل بين حجرة النقرة وفراغ الخلية أشبه ما تكون بقمع مضغوط أو مفلطح (شكل ٣٠) وتكون الفتحة الخارجية لهذه القناة التى تشبه القمع دائرية المحيط . واذا كانت الفتحتان الداخليتان فى النقر المزدوجة دائرية المحيط فهما متقابلتان (شكل ١٩ ا ١) ومتطابقتان فى الوضع أما اذا كانت الفتحتان الداخليتان مستطيلتا المحيط فانهما متعامدتان فى الوضع بشكل منتظم (شكل ٢٩ ا ٢ — ٦) . وتعتمد الزاوية التى تقع عليها الفتحة الداخلية على نظام واتجاه حزم اللويفات التى تكون الطبقات الرئيسية فى الجدار الثانوى . وتكون هذه الفتحات المتعامدة من العلامات المميزة فى نقر جدران الأنسجة الخشبية (أشكال ٢٦ ذ ، ح ، ٢٧ ا) ويكون شكل فجوة النقرة فى مثل هذه الأحوال معقدا (أشكال ٢٩ ، ٣٠) . وربما زاد اختزال حجم ضفاف النقر حتى لا يبقى غير نقر مزدوجة أشـــبه ما تكون بالشـــقوق بسيطة التركيب (شكل ٢٩ ا ٦) ولكنها ما تزال تعتبر من الناحية الشكلية نقرا مضفوفة ونذكر فى هذا الصدد النقر التى تتميز بها الألياف المستدقة فى الخشب وهى بسيطة وأثرية، حتى لا يكاد يبدو منها غير علامات على الجدار . وفى النقر المضفوفة المختزلة يكون الغشاء الغالق بسيطا غير ذى تخت ، وليست له القدرة على تغيير وضعه . ومثل هذه النقر غير قادرة على القيام بالوظائف المنوطة بالنقر .

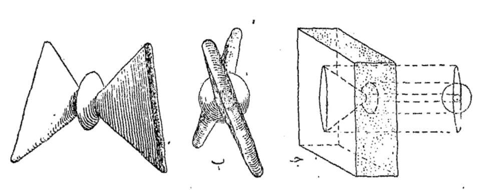


(شكل ٢٩)

رسوم تخطيطية لانواع متباينة من النقر المزدوجة المضفوفة ، تبين الاختلافات الشكلية التى تصاحب اختزال الحجم والوظيفة والاختلافات فى غلظ الجدار . ١ منــاظر سطحية . ب ــ قطاعات بمستوى الفتحات المستطيلة . ج قطاعات عرضــية . د ــ منظر جانبى للنقرة المزدوجة والجدار الذى يحويها وهو المنظر الذى يتيسر به رؤية النقر المزدوجة الصغيرة فى القطاعات الطولية للخشب

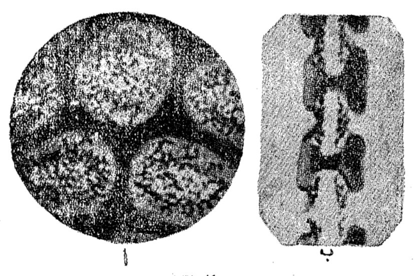
النقر المزركشة :

يكون لبعض النقر زوائد دقيقة على الجدران الجانبية لحجرة النقرة أو على حواف الفتحات ، وتسمى النقر المزركشة (شكل ٣١) . والزوائد التى تكون هذا التطريز على أشكال مختلفة فهى كالخيوط أو الحلمات ، أو تكون مرجانيــة متشعبة ، وقد تكون متفرقة متماسكة الفروع أو بسيطة . وقد تكون تلك الزوائد متناثرة متفرقة ، أو تكون كثيفة تغطى سطح الجدار . وفى بعض الأحوال تغطى هذه الزوائد سطح جدار الوعاء الخشبى الذى يحتوى النقرة . وربما كانت الزوائد طويلة حتى لتملأ فجوة النقرة ، وقد تمتد منها الى فراغ الخلية . ولا تكون مثل هذه الزوائد الا فى النقر المضفوفة . أما النقر نصف المضفوفة أو البسيطة



(شكل ٣٠)

رسوم تخطيطية لتركيب نقرة مضفوفة من النوع المبين بالرسم رقم ١ ، ٤ من شكل رقم ٢٩ ا ، ب تبين شكل الفجوات فى نقرة مزدوجة فتحاتها الداخلية مستطيلة تشبه الشق حجراتها صغيرة وشكلها كالقبة ، والقنوات كالاقماع المفلطحة . ج ــ نقرة فى موضعها من جدار خلوى غليظ (ا) الفتحة الداخلية ، (ب) الفتحة الخارجية ، (ج) الحجرة (د) القنــاة



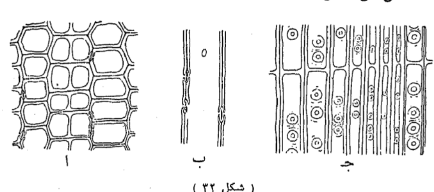
(شكل ٣١)

نقر مزدوجة مزركشة فى الخشب الثانوى فى نبات الوبنجة ا لمنظر سطحى ب ــ قطاع (عن بالى)

فلا توجد فيها هذه الزوائد . ويضفى ما لهذه البروزات والزوائد الدقيقة من صفات صباغية وقدرة على عكس الضوء على المنظر السطحى للنقرة شكلا شبكيا أو مبرقشا . وقد سميت هذه النقر نقرا غربالية ، لأن الظن سبق الى أن أغشيتها الغالقة مثقبة كالغربال اللحائى .

وربما كان وجود هذه النقر المزركشة قاصرا على العناصر القصبية فى الخشب الثانوى لبعض فصــائل كاسيات البذور مثل القرنيــة والصليبية والكافورية

والكابريفولية . واذا وجدت فهى شائعة فى أنسجة النوع والجنس جميعا ، وربما فى أجناس تحت الفصيلة أو الفصيلة عامة . أى أن لها أهمية تصنيفية خاصة كما أن لها أهمية فى الدراسات التطورية . ولم تقترح لها وظيفة بعد . على أن وجودها يصاحب أنواعا بالغة التخصص من الخشب ، كما يبدو أنها تمثل أنواعا بالغة التخصص من النقر .



(شكل ٣٢)

الزوائد الجدارية فى قصيبات خشب تنوب ا بلسم . ا — قطاع عرضى . ب — قطاع مماس جـ — قطاع قطرى

ظواهر أخرى على سطح الجدار :

تعتبر النقر أهم ما يضفى على السطح الداخلى للجدار ملامحه المميزة . فالنقر وغيرها من الثقوب التى تشاهد على جدران الأوعية الخشبية (الفصل الرابع) هى أوضح التحورات التركيبية . ومن الملامح الواضحة أيضا تغلظات الجدران الثانوية فى أنسجة الخشب الأول : الحلقات والحلزونات والشبكات (شكل ٦٢) ومن أمثلة تغلظات السطح الداخلى الأخرى بروزات كالأسنان ، هى فى الواقع خطوط بارزة توجد فى القصيبات الشعاعية فى أنواع الصنوبر (شكل ٢٨ جـ) ، ومنها أيضا شريط كاسبار الذى يميز خلايا الاندودرمس . والزوائد الجدارية التى توجد فى قصيبات المخروطيات (شكل ٣٢) . والعصى والشبكات العمادية فى خلايا الحجاب الجذرى ، وفى جدران المتك .

الزوائد الجدارية :

هى بروزات كالعصى الصغيرة فى الجدار تخترق الفراغ الخلوى على نحو اشعاعى . وهى شائعة فى الخشب الثانوى فى المخروطيات،ونادرة فى غيرها . وتكون فى العادة فى صفوف اشعاعية ، وقد تمتد عبر الكمبيوم وتصل الى اللحاء .

النتوءات الجدارية :

هى تحورات تركيبية فى الجدار نفسه قد تظهر على السطح . وهى تغلظات عصوية أو هلالية فى الجدار الأولى ، والصفيحة الوسطى تحوط النقرة المضفوفة احاطة كاملة أو جزئية (شكل ٢٤ ا) ، أو بمجموعة صغيرة من هذه النقر . وربما تتيسر رؤيتها خلال الجدار الثانوى اذا أحسن صبغها . وتكون هذه النتوءات الجدارية حواف طرفية ثابتة على حدود حقول النقر الأولية فى الخلايا الصبية . ويغطى الجدار الثانوى هذه البروزات دون أن ينشىء فوقها بروزات ، أى أنها لا تظهر على سطح الجدار الثانوى . وقد سميت قضبان سانيو أو حواجز سانيو ، ولكن استعمال هذه المصطلحات اكتنفه الغموض ، اذ أطلقت أيضا فى بعض الأحوال على البروزات الجدارية . ولذلك فالأفضل استعمال مصطلح النتوءات الجدارية .

التغلظ الخارجى :

تتغلظ بعض الجدران ذات السطوح المعرضـــة على نحو خارجى . فبعض الشعيرات وغيرها من خلايا البشرة ، وبعض الاسكلريدات والخلايا التى تطل على مسافات بينية كبيرة ، يتكون على سطحها الخارجى عقــد صغيرة أو حبيبات أو بروزات . بعضها أجزاء من الجدار وبعضها الآخر رواسب على السطح مثل الأدمة . أما الطبقات الخارجية والبروزات السطحية فى جدران الأبواغ وحبوب اللقاح ، فتتكون جزئيا من المادة الغذائية أو من سيتوبلازم الخلية الوالدة .

التركيب الكيميائى للجدار الخلوى :

سبق أن تكلمنا عن التركيب الكيميائى للجدار الخلوى فى مراحل تكوينه المبكرة ولكن التغيرات والاضافات التى تتبع ذلك متعددة . ويحدث التغيير نتيجة لترسب مواد جديدة فى فرجات التركيب الشبكى لمادة الجدار ، أو ربما يكون نتيجة تبديل أو تغيير فى مادة الجدار التى تكونت أولا .

والتلجنن هو ترسب مادة اللجنين وهو أبرز التغييرات التى قد تحدث فى الجدار الأولى أو الجدار الثانوى فى أنواع عديدة من الخلايا وخاصة خلايا الخشب . فالجدران الأولية والمادة بين الخلوية فى خلايا الخشب تتميز بالتلجنن الشديد ، أما الجدران الثانوية للخلايا ذاتها فان تجلننها أقل شدة . وفى خشب كاسيات البذور يكون التلجنن على أشده فيما يطلق عليه الصفيحة الوسطى ، وتشمل الطبقة

بين الخلوية والجدارين الأوليين والطبقات الخارجية من الجدار الثانوى . وتكون الجدران الثانوية أو طبقاتها الداخلية فى الألياف جيلاتنية فى كثير من أجناس كاسيات البذور ، ولم تتبين بعد وظيفة هذه الطبقة الجيلاتينية . وتوجد الجدران الجيلاتينية والمخاطية فى بعض الأنسجة الأخرى كاللحاء والأنسجة الخارجية للبذور والثمار . وقد يصاب الجدار بما يتلفه ويفسد بناءه ، حتى فى بعض أنسجة الخشب ، ويكون ذلك نتيجة لظروف مرضية وتسمى تلك الحالة بالتصمغ .

أما التكوتن والتسوبر فهو التحـول الذى يسبب ترسب مادة الكيوتين أو السوبرين فى الجدار ، وربما امتد الترسب فى الصفيحة الوسطى ، وهى مواد وثيقة الصلة من ناحية التركيب الكيميائى ، اذ هى أخلاط من مواد أغلبها أحماض دهنية غير منفذة للماء . أى أن هذه المواد تجعل للخلية القدرة على الاحتفاظ بالماء والتكوتن شائع فى البشرة ، والتسوبر شائع فى أنسجة الفلين ، ولكنها قد توجد فى غير ذلك من الأنسجة . وسنعود الى تناول موضوع الأدمة كما سنتناول التسوبر عند الكلام عن الفلين فى الفصل التاسع .

أما التمعدن وهو ترسب كميات كبيرة من الأملاح غير العضوية فى الجدار ، فمن النادر أن يكون التحورات البارزة فى تركيب الجدار . فكل الجدران الناضجة تحوى كميات يسيرة من المواد المعدنية ، وأحيانا تكون على هيئة بلورات دقيقة تمكن رؤيتهـا . وأكثر هذه المواد شيوعا هى السيليكا والاكسالات وكربونات الكالسيوم . أما السيليكا فهى تترسب بكثرة فى جدران الأنسجة الخارجية فى الحشائش والسعد وذيل الحصانيات وبعض الفصائل الأخرى . وقد تكون بعض البلورات الكبيرة ملتصقة بالجدار الثانوى أو منغرزة ، بأن تتكون فوقها طبقات جديدة من الجدار (شكل ا ، ب) .

أما غير ذلك من تغيرات الجدار فقد تشمل مواد كالراتنج والصمغ والزيوت والتانين والمواد العطرية المختلفة والمواد الملونة وغيرها من المواد ذات الأهمية القليلة . والتانين ونحوه من المواد ، هى الأسباب الرئيسية لما تتصف به بعض أنواع الأخشاب من الصلادة والاحتمال ومن ثم الفائدة ، كذلك ترجع اليهـا الصفات الخاصة للخشب الصميمى اذا قورن بالخشب الرخو ، (انظر الفصل السابع) ولا يقتصر وجود هذه المواد على الجدران ، بل انها تملأ فراغات الخلايا

وفجوات النقر أيضا . وتتكون جزئيا من محتويات الخلية الحية فى الأجزاء المتاخمة لموضع تكونها ، ولكنها ولا شك تنشأ أيضا من مواد تنتقل من المناطق المجاورة .

وتمتد التحورات والتغيرات التى ذكرناها فيما سبق الى الصفيحة الوسطى ، وطبقات الجدارين الرئيسيين أو بعضها . وربما كان تحول الجدار الأولى أقل من تحور الجدار الثانوى .

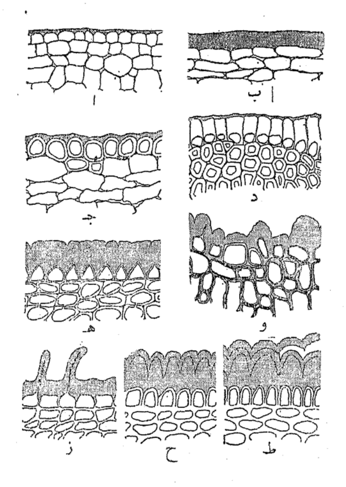
الحويصلات الحجرية أو أحجار التوازن :

توجد فى بعض فصائل ذوات الفلقتين تراكيب خاصـــة تسمى الحويصلات الحجرية أو أحجار التوازن . والتركيب أساسا امتداد عصوى من الجدار يترسب الجير عليه . هذا الجسم العصوى السيليولوزى ينشأفى غضون المراحل الأولى لنشأة الخلية كتغليظ موضعى فى الجدار يتخذ شكل العمود ، ثم تضاف اليــه كميات كبيرة من كربونات الكالسيوم ، فيتكون منها جسم غير منتظم يكاد يملأ فراغ الخلية جميعــا . ويختلف شكل الحويصلة الحجرية فى الأجناس المختلفــة والفصائل المختلفة . وتتميز بها الفصائل التوتية والحريقية وفصائل قليلة غيرها . وربما توجد هذه الحويصلات فى الأشعة النخاعية واللحاء . ولا تعتبر الحويصلات الحجرية من المعالم الشائعة ولا الهامة فى تركيب الخلايا .

وتقتضى كل هذه التغييرات فى بناء الجـــدار ، وتغييرات كيميائية مباشرة أو تبادل جزيئى ، أو تلك التغييرات التى تتضمن تسرب أو ترسب كميات كبيرة من مواد مختلفة وجديدة داخل الجدار الأصلى ، كأنما تدخل الى مادة هذا الجدار أخلاط جديدة تذهب بمعالم المواد الأولى . كما تتم بعض التغييرات الظاهرية وغير الحقيقية باضافة مواد جديدة فى طبقات متتابعة فوق الجدار الأصلى وبذلك ينطمر هذا الجدار . وقد تصاحب هذه التغييرات نضج الجدار فى غضون مراحل التطور الذاتى للخلية ، أو قد تحدث فيما بعد النضج مثل تحول الخشب الرخو الى خشب صميمى ، أو كما تتحول بعض الخلايا البرنشيمية الخضر فى القشرة أو برنشيمية اللحاء الى اسكلريدات ، بعد أن تنقضى فترة طويلة على نشاطها فى حالتها الأولى .

الأدمـــــة

يغطى سطح الأجزاء الهوائية من النباتات الوعائية طبقة من مادة الكيوتين تسمى الأدمة تغطى البشرة ، وانها لمتصقة بسطحها الخارجى صاعدة مع بروزاته هابطة مع ما انخفض منه (شكل ٣٣) . ومادة الكيوتين غير منفذة للماء ، ولذلك فان الأدمة تعاون على الوقاية ضد فقدان الماء مما دونه من الخلايا . والأدمة طبقة



(شكل ٣٣)

الادمة . قطاعات فى البشرة وما يتاخمها من الانسجة تبين درجات الغلظ المختلفة للادمة وامتدادها بين خلايا البشرة . (الادمة الرقيقة انظر أشكال ١٧٢ و ١٧٥) . ـ اما ا ـ ثمرة البرتقال . ب ـ ثمرة التفاح (صنف بن فائز) . جـ ـ ساق الدراسينة د ـ ورقة داسليريه ـ هـ ـ ساق اسفندان بنسلفانيا وتظهر الطبقة الخارجية مشققة و ـ ساق الفشغ ذى الورقة الدائرية . ز ـ ساق الاس البرى . ح ، ط ـ ساق القرنوس ، تبين القطاعات مرحلتين توضح الطبقات الخارجية القديمة تتبدل بطبقات جديدة تتكون من أسفل

رقيقة رخوة على الأجزاء الصبية ، وبينما يستمر النمو ، يمتد سطح الأدمة وتزداد ثخانتها . حتى اذا تم نمو الخلايا التى تغطيها الأدمة ، أصبحت صلبة شديدة المقاومة للشد والتمزق . ويقال أن الأدمة تبقى على حالتها مع قليل جدا من التغير حتى فى طبقات الفحم . ويتباين غلظ طبقة الأدمة الناضجة وطبيعتها على نحو ما سنبينه فى الفصل الرابع عشر ، فهى رقيقة فى نباتات الظل وحيث الماء وفير ، غليظة فى النباتات التى تنمو معرضة للشمس أو للجفاف ، وتختلف ثخانتها أيضا على أوراق النبات الواحد وثماره ، باختلاف أوضاعها على النبات،وباختلاف المواسم والظروف المناخية . أما على سطوح الأعضاء الموسمية قصيرة العمر ، وأعضاء النباتات المائية فتظل الأدمة رقيقة حتى لتصعب مشاهدتها فى أحيان كثيرة . وفى العادة لا توجد الأدمة على الجذور .

ولا يعوق اتصال طبقة الأدمة واستمرارها غير فتحات الثغور والعديسات . وتمتد الأدمة الى مسافات متباينة داخل فتحة الثغر (أشكال ٣٤ ا و ١٧٩ جـ) ، وربما تبطنت غرفة الثغر بطبقة رقيقة من الكيوتين . كما أن جــدران الحجرات الهوائية الكبيرة قد تغطيها أدمة رقيقة ، كما أن المسافات البينية الصغيرة التى تكون بين خلايا البشرة ومادتها من خلايا النسيج الوسطى ، قد تغطيها طبقة رقيقة من الكيوتين .

وتنشأ مادة الأدمة كافراز من خلايا البشرة ، وربما أسهم فى ذلك ما دونها من الخلايا . ويمر الكيوتين خلال الجدران الخارجية على هيئة سائلة أو شبه سائلة بطريقة لا نعرفها بعد ، حتى اذا وصلت السطح ، كونت طبقة متصـــلة تتحول فيما بعد الى الصلابة والشدة . ويقول البعض بأن قطرات من الكيوتين تمر خلال فتحات متناهية الدقة تكتنف الجدار الخارجى . ويقول آخرون بأن مادة الكيوتين تتكون فى الخلايا الداخلية وأنها تنتقل على طول الجدران حتى تصل الى السطح عبر الجدران العرضية لخلايا البشرة . ومن الواضح أن الأدمة تتغلظ من أسفل ، ويبدو أن كميات جديدة من مادة الأدمة،تذاب فيما سبق وترسب من طبقات،وذلك فى المراحل الأولى لتكونها ، وربما فيما يتلو من المراحل . ومن الأمثلة التى تضرب للطريقة التى ترتق بها تمزقات الأدمة ، أو تضاف بها مادة جديدة ، ما يشاهد فى السوق والأوراق الصبية التى تغطيها فى مراحل تكونها المبكرة شعيرات تتساقط

فيما بعد ، فان المسافات التى تتركها قواعد هذه الشعيرات تمثل تمزقات فى طبقة الأدمة سرعان ما تمتلىء بما يترسب فيها من مادة الكيوتين .

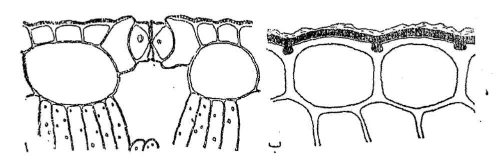
وسطح الأدمة أملس فى العادة ، وهو كذلك على الدوام فى مراحل تكونه الأولى . ولكنه يتعرض للتشقق والتقشر بأن تتمزق منه رقائق أو دقائق ، فيصبح خشن الملمس . كذلك قد تنشأ على سطحه عقد صغيرة أو بروزات أو غيرها (شكل ٣٣) . ونذكر أيضا ما ينشأ على سطح الأدمة من الأوتار والحواجز ، وهى فى الواقع بروزات من جدران البشرة تغلفها الأدمة . وشبيه بذلك تلك التفلطحات المستطيلة التى تظهر على سطح الساق وعنق الورقة فى بعض الأعشاب مثل الحماض . ومصطلح أوتاد الأدمة استعمل خطأ ليدل على الجدران القطرية المتكونة فى خلايا البشرة ، ذلك لأنها تبدو فى المقطع كأنها امتدادات داخلية للأدمة.

ويقال ان الأدمة فى الأجزاء الزهرية ، وخاصة البتلات وشعيرات الأسدية ، فى بعض النباتات تكون جعدة . ويبدو هذا التجعد كثنيات صغيرة نتيجة لسرعة الكيوتين وبطء امتداد مساحة سطح البشرة . ويقال كذلك ان هذه الثنيات « رقعة مختزنة » وأنها تمتد وتتسع عندما يصبح نمو العضو سريعا ، حتى اذا أصبحت البشرة ناضجة لم تبق من الثنيات غير ما كان امتداد محورها على امتداد اتجاه النمو الأكبر فى خلايا البشرة . ويقال ان هذه تتمثل فى الخطوط الاشعاعية التى تشاهد فى البشرة الحلمية (ذات الحلمات) التى تتميز بها البتلات الزهرية .

ويكون التصاق الأدمة بسطح البشرة مكينا فى العادة . ولكن جاء فى بعض المراجع أن الأدمة قد تكون حرة غير لاصقة بالجدران فى بعض الشعيرات الزهرية ، أو أن تكون حرة الا من أوتاد تمسكها بالبشرة على نحو ما يشاهد فى الوسادة الورقية ، حيث يتعرض السطح لتغيرات وتقوسات شديدة ، مثلما يحدث فى ورقة الموز (شكل ٣٤) . ويسبب انفصال طبقة الأدمة عن سطح البشرة ووجود طبقة هوائية بينهما ما يجعل لبعض الأوراق مظهرا فضيا .

ويصاحب تكون الأدمة أو يتبعه فى نباتات كثيرة تكون ما دونها من الخلايا . وتكون الجدران الخارجية لخلايا البشرة أول ما يتعرض للتغير،فتتغلظ حتى ليصبح تغلظها أضعاف غلظ الجدران الأخرى للخلية ، وقد تبلغ فى ثخانتها مبلغ الأدمة

ذاتها (شكل ٣٣ و ، ذ) . وقد يكون التغليظ منتشربا بمادة الكيوتين حتى ليصبح من العسير التمييز بين الجدران وبين طبقة الأدمة التى تتكون من الكيوتين الصرف. وقد تتكون الجدران القطرية والداخلية لخلايا البشرة ، بل قد يمتد هذا التغيير الى جدران الخلايا المتاخمة . وعندما يتم تكوين جدران خلايا البشرة جميعا ، فانها تموت فى بعض الأحوال ، ولكن الغالب أن تبقى حيــة ذات نقر تكتنف



(شكل ٣٤)

الادمة فى ورقة الموز ا — قطاع فى البشرة العليا يمر بمنطقة ثغر يبين امتداد مادة الادمة حول الخلايا الحارسة . ب — قطاع فى شريط ابطى يبين أوتاد الادمة فوق الجدران العرضية للبشرة ، والادمة حرة بين تلك الاوتاد . لاحظ أيضا الطبقة الشمعية فوق الادمة (عن شكتش)

الجــدران وروابط بلازميــة تصــل بينها وبين ما يجاورها من الخلايا الحية . ومما يؤسف له أن مصطلح الأدمة يطلق أحيانا ليدل على الطبقة التى تقوم بوظيفة عزل الماء ، وهى طبقة تتضمن الأدمة والجدران الخلوية المتكونة معا .

وفى بعض السوق الخشبية التى تبقى فيها خلايا البشرة لمدى يزيد على العام مثــل بعض أنواع الاسفندان[١] ، وقرنوس [٢] ، وكريا[٣]، تتشــقق الأدمة وتتمزق ثم ترتق بافراز مادة جديدة مما تحتها من الخلايا ، أو قد تنشأ طبقة جديدة (شكل ٣٣ ح ، ط) .

ولكثير من الثمار الناضجة أدمة غليظة مثل البرقوق والطماطم والكاكى وبعض أصناف التفاح (شكل ٣٣ ب) . ويصل غلظ الأدمة فى هذه الحالات الى

(١) Ace·.

(٢) Cornus.

(٣) Kerria.

منتهاه عندما تصل الثمرة الى كامل النضج . وتعاون طبقة الأدمة على المحافظة على ماء الثمرة عندما تنقطع مواردها المائية . وترجع بعض صفات البقاء فى الثمار الى وجود أدمة غليظة ، فأصناف التفاح ذات الأدمة الغليظة أبقى من ذات الأدمة الرقيقة . ويكون للثمار التى تنمو فى ضوء الشمس أدمة أغلظ من الثمار التى تنمو فى الظل . كذلك يكون لثمار التفاح فى السنة الجافة أدمة أغلظ من ثمار السنة المطيرة ، وعند تجفيف البرقوق تثقب طبقة الأدمة بوسائل كيميائية أو آلية ليتيسر التجفيف .

وقد تتكون فوق طبقة الأدمة عصى أو حبيبات صغيرة من الشمع ، وتكون الأوراق والسوق فى هذه الحالات ذات لون يميل الى الزرقة ، وتكون الثمار ذات سطح رقيق . وقد يكون الشمع فى حبيبات كبيرة مثلما يوجد فى نبات الشمع ، أو يكون فى طبقة غليظة تغلف الأوراق ، مثلما يوجد فى نخيل الشمع .

REFERENCES — المراجع

LEWIS, F.T. : The typical shape of polyhedral cells in vegetable parenchyma and the restoration of that shape following cell division, *Proc. Amer. Acad. Arts Sci.*, **58**, 537-552. 1923,

———: A further study of the polyhedral shapes of cells, *Proc. Amer. Acad. Arts Sci.*, **61**, 1-34, 1925,

———: The shape of cells as a mathematical problem, *Amer. Scientist* **34**, 359-369, 1946.

MARVIN, J. W. : Cell shape and cell volume relations in the pith of *Eupatorium purpureum, Amer. Jour. Bot.*, **31**, 208-218, 1944.

MATZKE, E. B. : Volume - shape relationships in lead shot and their bearing on cell shapes, *Amer. Jour. Bot.*, **26**, 288-295, 1939.

———: The three-dimensional shapes of bubbles in foams, *Proc. Nat. Acad. Sci.*, **31**, 281-289, 1945.

MEEUSE, A. D. J. : A study of intercellular relationships among vegetable cells with special reference to "sliding growth" and to cell shape, *Rec. Trav. Bot. Neer.*, **38**, 18-140, 1942.

NEEFF, F. : Uber Zellumlagerung, Ein Beitrag zur experimentallen Anatomie, *Zeitschr. Bot.*, **6**, 465-547, 1914.

PRIESTLEY, J. H. : Cell growth and cell division in the shoot of the flowering plant, *New Phyt.*, **28**, 54-81, 1929.

SEIFRIZ, W. (ED.): "The Structure of Protoplasm," Ames, Iowa, 1942.

SHARP. L. W.: "Introduction to Cytology," 3d ed., New York, 1934.

------: "Fundamentals of Cytology," New York, 1943.

SINNOTT, E. W.: Structural problems at the meristem, *Bot. Gaz.*, 99, 803-813, 1938.

THOMPSON, D'A. W.: "On Growth and Form," 2d ed., Cambridge, 1942.

THE PROTOPLAST

BAILEY, I. W.: The cambium and its derivative tissues, V. A reconnaissance of the vacuome in living cells, *Zeitschr. Zellforsch. Mikr. Anat.*, **10**, 651-682, 1930.

BAILEY, I. W., AND C. ZIRKLE: The cambium and its derivative tissues, VI. The effects of hydrogen-ion concentration in vital staining, *Jour. Gen. Phys.*, **14**, 363-383, 1931.

FAULL, A. F.: Elaioplasts in *Iris*: a morphological study, *Journ. Arnold Arboretum*, **16**, 225-267, 1935.

GUILLIERMOND, A.: Observations vitales sur le chondriome des chromoplastides et le mode de formation des pigments xanthophylliens et carotiniens. *Rév. Gén. Bot.*, **31**, 372-413, 446-508, 532-603 635-770, I919.

------: "The Cytoplasm of the Plant Cell," Engl. transl. by L. R. Atkinson, Waltham, Mass, 1941.

HEITZ, E.: Untersuchungen uber den Bau der Plastiden, I. Die gerichteten chlorophyllscheiben der Chloroplasten, *Planta*, **26**, 134-163, 1936.

LUBIMENKO, V.: Les pigmentes des plastes et leur transformation dans les tissues vivantes de la plante, *Rév. Gén. Bot.*, **39**, **40**, 1927, 1928

MEYER, F. J.: Das trophische Parenchym, A. Assimilationsgewebe. *In* Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," IV, 1923.

MOULTON, F. R. (ED): The cell and protoplasm, Publ. No. 14, *Amer. Assoc. Adv. Sci.*, 1940.

NEWCOMER, E. H.: Concerning the duality of the mitochondria and the validity of the osmiophilic platelets in plants, *Amer. Jour. Bot.*, **33**, 684-697, 1946.

RABINOWITCH, E. I.: "Photosynthesis and Related Processes," I, Chaps. XIV, XV, XVI, New York, 1945.

RANDOLPH, L. F.: Cytology of chlorophyll types of maize, *Bot. Gaz.*, **73**, 337-375, 1922.

SCHURHOF, P. N.: Die Plastiden, *In* Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," I, 1924.

SINNOTT, E. W., AND R. BLOCH : Division in vacuolate plant cells, *Amer. Jour. Bot.,* **28,** 225-232, 1941.

STRAUS, W. : Recherches sur les chromatophores, IV. Sur la structure des chromatophores de la carotte, *Helvetica Chim. Acta,* **25,** 1370-1383, 1943.

WEIER, E. : The structure of the chloroplast, *Bot. Rev.,* **4,** 497-530, 1938.

ZIRKLE, C. : The structure of the chloroplast in certain higher plants, *Amer. Jour. Bot.,* **13,** 301-320, 1926.

——: The growth and development of plastids in *Lunularia vulgaris, Elodea canadensis,* and *Zea mays, Amer. Jour. Bot.,* **14,** 429-445, 1927.

——: Vacuoles in primary meristems, *Zeitschr. Zellforsch. Mikr. Anat.,* **16,** 26-47, 1932.

PLASMODESMATA

CRAFTS, A. S. : A technic for demonstrating plasmodesmata, *Stain Tech.,* **6,** 127-129, 1931.

GARDINER, W., AND A. W. HILL : The histology of the cell wall with. special reference to the mode of connection of cells, *Phil. Trans Roy. Soc. London,* **194B,** 83-125, 1901.

HUME, M. : On the presence of connecting threads in graft hybrids *New Phyt.,* **12,** 216-225, 1913.

KUHLA, F. : Die Plasmaverbindungen bei *Viscum album, Bot. Zeit.,* **58,** 29-58, 1900.

LIVINGSTON L. G. : The nature and distribution of plasmodesmata in the tobacco plant, *Amer. Jour. Bot.,* **22,** 75-87, 1935.

MEEUSE, A. D. J. : On the nature of plasmodesmata, *Protoplasma,* **35,** 143-151, 1941.

——: Plasmodesmata, *Bot. Rev.,* **7,** 249-262, 1941.

MUHLDORF, A. : Das plasmatische Wesen der pflanzlichen Zellbrucken, *Beih. Bot. Centralbl.,* **56,** 171-364, 1937.

POIRAULT, G. : Recherches anatomiques sur les cryptogames vasculaires, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* **7** sér., **18,** 113-256, 1893.

PRIESTLEY, J. H. : The physiology of cambial activity, II. The concept of " sliding growth. " *New Phyt.,* **29,** 96-140, 1931.

ERGASTIC SUBSTANCES

BLACK, O. F. : Calcium oxalate in the dasheen. *Amer, Jour. Bot.,* **5,** 447-451, 1918.

Fuchs, P. C. A.: Untersuchungen uber den Bau der Raphidenzelle. *Oester. Bot. Zeitschr.*, **48**, 324-332, 1898.

Netolitzky, F.: Die Kieselkörper, Die Kalksalze als Zellinhaltskörper, *In* Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," III, 1929.

Pfitzer, E.: Uber die Einlagerung von Kalkoxalat-Krystallen in die pflanzliche Zellhaut, *Flora,* **1872**, 97-102, 129-136, 113-120, 1872.

Safford, W. E.: The useful plants of the island of Guam, *Contr. U.S. Nat. Museum,* **9**, 67-71, 1905.

Van de Sande-Bakhuysen, H. L.: The structure of starch grains from wheat grown under constant conditions, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.,* **23**, 302-305, 1926.

The Cell Wall

Ajello, L.: Cytology and cellular interrelations of cystolith formation in *Ficus elastica, Amer. Jour. Bot.,* **28**, 589-593, 1941.

Aldaba, V. C.: The structure and development of the cell wall in plants, I. Bast fibers of *Boehmeria* and *Linum, Amer. Jour. Bot.,* **14**, 16-24, 1927.

Anderson, D. B.: A microchemical study of the structure and development of flax fibers, *Amer. Jour. Bot.,* **14**, 187-211, 1927.

—: The structure of the walls of the higher plants, *Bot. Rev.,* **1**, 52-75, 1935.

Anderson, D. B., and T. Kerr.: Growth and structure of the cotton fiber, *Ind. Eng. Chem.*, **30**, 48-54, 1938.

Arzt, T.: Untersuchungen uber das Vorkommen einer Kuticula in den Blättern dikotylen Pflanzen, *Ber. Deutsh. Bot. Ges.,* **51**, 471-500, 1933.

Bailey, I. W.: The structure of the bordered pits of conifers and its bearing on the tension hypothesis of the ascent of sap in plants, *Bot. Gaz.,* **62**, 133-142, 1916.

—: Structure, development, and distribution of so-called rims or bars of Sanio, *Bot. Gaz.,* **67**, 449-468, 1919.

—: The formation of the cell plate in the cambium of higher plants, *Proc. Nat. Acad. Sci.,* **6**, 197-200, 1920.

—: The significance of the cambium in the study of certain physiological problems, *Jour. Gen. Physiol.,* **2**, 519-533, 1920.

—: Phragmospheres and binucleate cells, *Bot. Gaz.,* **70**, 469-471, 1920.

—: The cambium and its derivative tissues, III. A reconnaissance of cytological phenomena in the cambium, *Amer Jour. Bot.,* **7**, 417-434, 1920.

——: The cambium and its derivative tissues, IV, The increase in girth of the cambium, *Amer. Jour. Bot.*, **10**, 499-509, 1923.

——: The cambium and its derivative tissues, VIII. The structure, distribution, and diagnostic significance of vestured pits in dicotyledons, *Jour. Arnold Arboretum*, **14**, 259-273, 1933.

——: Cell wall structure of higher plants, *Ind. and Eng. Chem.*, **30**, 40-47, 1938.

——: The microfibrillar and microcapillary structure of cell wall, *Bull. Torrey Bot. Club*, **66**, (4), 201-213, 1939.

——: The wall of plant cells, *In* The cell and protoplasm, *Publ. Amer. Assoc. Adv. Sci.*, **14**, 31-45, 1940.

—— AND E. E. BERKLEY: The significance of X-rays in studying the orientation of cellulose in the secondary walls of tracheids, *Amer. Jour. Bot.*, **29**, 231-241, 1942.

——AND A. F. FAULL: The cambium and its derivative tissues, IX. Structural variability in the redwood, *Sequoia sempervirens*, and its significance in the identification of fossil woods, *Jour. Arnold Arboretum*, **15**, 233-254, 1934.

—— AND T. KERR: The visible structure of the secondary wall and its significance in physical and chemical investigations of tracheary cells and fibers, *Jour. Arnold Arboretum*, **16**, 273-300, 1935.

——AND——: The structural variability of the secondary wall as revealed by "lignin" residues, *Jour. Arnold Arboretum*, **18**, 261-272, 1937.

——AND M. R. VESTAL: The orientation of cellulose in the secondary walls of tracheary cells, *Jour. Arnold Arboretum*, **18**, 185-195, 1937.

BARANETZKI, J.: Épaississement des parois des éléments parenchymateux, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **4**, 134-201, 1886.

BEER, R., AND A. ARBER: On the occurrence of multinucleate cells in vegetative tissues, *Proc. Roy. Soc. London*, B **91**, 1-17, 1919.

BELL, H. P.: The protective layers of the apple, *Can. Jour. Res.*, C **15**, 391-402, 1937.

BERKLEY, E. E.: Cellulose orientation, strength and cell wall development of cotton fibers, *Textile Res.*, **9**, 355-373, 1939.

BOEKE, J. E.: On the origin of the intercellulary channels and cavities in the rice root, *Ann. Jard. Bot. Buitenzorg*, **50**, 199-208, 1940.

BUSTON, H. W.: Observations on the nature, distribution and development of certain cell wall constituents of plants, *Biochem. Jour.*, **29**, 196-218, 1935.

Colin, H., and A. Chaudin : Pectine et ciment intercellulaire, *Bull. Soc. Chem. Biol.*, **16**, 1333-1343, 1934.

Committee on Nomenclature, International Association of Wood Anatomists : Glossary of terms used in describing wood, *Trop. Woods*, Yale University School of Forestry, No. **36**, 1933.

Dadswell, H. E., and D. J. Ellis : Contributions to the study of the cell wall, I Methods for demonstrating lignin distribution in wood, *Jour. Council Sci. Ind. Res.* (Aust.), **13**, 44-54, 1940.

Foster, A. S. : Structure and development of sclereids in the petiole of *Camellia japonica* L., *Bull. Torrey Bot. Club*, **71**, 302-326, 1944.

——: Origin and development of sclereids in the foliage leaf of *Trochodendron aralioides* Sieb. and Zucc., *Amer. Jour. Bot.*, **32**, 456-468, 1945.

Frey, A. : Der heutige Stand der Micellartheorie, *Ber. Deutsch. Bot. Ges*, **44**, 564-570, 1926.

---Uber die Intermicellar-Räume der Zellmembranen, *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **46**, 444-456, 1928.

Frey-Wyssling, A. : The submicroscopic structure of cell walls, *Sci. Prog.*, **34**, 249-262, 1939.

Frost, F. H. : Histology of the wood of angiosperms, I. The nature of the pitting between tracheary and parenchymatous elements, *Bull. Torrey Bot. Club*, **56**, 259-264, 1929.

Géneau de Lamarlière, L. : Sur les membranes cutinisées de plantes aquatiques, *Rév. Gén. Bot.*, **18**, 289-295, 1906.

Goldstein, B. : A study of progressive cell plate formation, *Bull. Torrey Bot. Club*, **52**, 197-219, 1925.

Griffin, G. J. : Bordered pits in Douglas fir ; a study of the position of the torus in mountain and lowland specimens, *Jour. For.*, **17**, 813-822, 1919.

Hock, C. W. : Microscopic structure of the cell wall, *In* Seifriz, W. (Ed.) : " The Structure of Protoplasm, " Ames, Iowa, 1942.

Jonsson, B. : Siebähnliche Poren in den trachealen Xylemelementen der Phanerogamen, hauptsächlich der Leguminosen, *Ber. Deutsch. Bot. Ges.*, **10**, 494-513, 1892.

Jungers, V. : Recherches sur les plasmodesmes chez les végétaux, I. *La Cellule*, **40**, 5-81, 1930.

Kamp, H. : Untersuchungen uber Kuticularbau und kuticuläre Transpiration von Blättern, *Jahr. Wiss. Bot.*, **72**, 403-465, 1930.

Kerr, T., and I. W. Bailey : The cambium and its derivative tissues. X. Structure, optical properties and chemical composition of the

so-called middle lamella, *Jour. Arnold Arboretum,* **15,** 327-349, 1934.

KOEHNE, E. : Ueber Zellhautfalten in der Epidermis von Blumenblättern und deren mechanische Function, *Ber. Deutsch. Bot. Ges.,* **2,** 24-29, 1884.

KUNEMUND, A. : Die Entstehung verholzter Lamellen, untersucht besonders an *Salix alba, Bot. Arch.,* **34,** 462-521, 1932.

LEE, B., AND J, H. PRIESTLEY : The plant cuticle, I. Its structure, distribution, and function. *Ann. Bot.,* **38,** 525-545, 1924.

MARTENS, P. : Recherches sur la cuticle, II. Dépouillement cuticulaire spontané sur les pétales de *"Tradescantia," Bull. Soc. Roy. Belgique,* **66,** 58-64, 1933.

——: Recherches sur la cuticle, III. Structure, orgine et signification du relief cuticulaire, *Protoplasma,* **20,** 483-515, 1934.

——: Recherches sur la cuticle, IV. Le relief cuticulaire et la differentiation épidermique des organes floraux, *La Cellule,* **43,** 289-318, 1934.

——: Nouvelles recherches sur l'origine des espaces intercellulaires, *Beih. Bot. Zentralbl. Abt.,* A. **58,** 349-364, 1938.

MEEUSE, A. D. J. : Development and growth of the sclerenchyma fibers and some remarks on the development of the tracheids in some monocotyledons, *Rec. Trav. Bot. Neer.,* **35,** 288-321, 1938.

——: A study of intercellular relationships among vegetable cells with special reference to "sliding growth" and to cell shape, *Rec. Trav. Bot. Neer.,* **38,** 18-140, 1942.

MOOG, H. : Ueber die spiraligen Verdickungsleisten der Tracheen und Tracheiden unter besonderer Berucksichtigung ihrer Auszichbarkeit, *Beih. Bot. Centralbl.,* Abt. I. **42,** 186-228, 1925.

PHILLIPS, E. W. J. : Movement of the pit membrane in coniferous woods with special reference to preservative treatments, *Forestry,* **7,** 109-120, 1933.

PRESTON, R. D. : The organization of the cell wall of the conifer tracheid, *Phil. Trans. Roy. Soc.,* B **224,** 131-174, 1934.

PRIESTLEY, J. H. : The cuticle in angiosperms, *Bot. Rev.,* **9,** 593-616, 1943.

——AND L. I. SCOTT : Studies on the physiology of cambial activity, II. The concept of sliding growth, *New Phyt.,* **29,** 96-140, 1930.

——AND—— : The formation of a new cell wall at cell division, *Proc. Leeds Phil. and Lit. Soc. Sci. Sec.,* **3,** 532-545, 1939.

RECORD, S. J. : Cystoliths in wood, *Trop. Woods,* Yale University School of Forestry No. 3, 10-12, 1925.

——: Spiral tracheids and fiber-tracheids, *Trop. Woods,* Yale University School of Forestry, No. 3, 12-16, 1925.

——: " Identification of the Timbers of Temperate North America," New York, 1934.

RENDLE, B. J. : Gelatinous wood fibres, *Trop. Woods,* Yale University School of Forestry, No. **52,** 11-19, 1937.

S., D. H. (NOTICE OF BOOK) DR. G. KRABBE : " Das gleitende Wachstum bei der Gewebebildung der Gefässpflanzen, " Berlin, 1886. *Ann. Bot.* **2,** 127-136, 1888.

SCARTH, G. W., R. D. GIBBS, AND J. D. SPIER : The structure of the cell-wall and the local distribution of the chemical constituents, *Trans. Roy. Soc. Can.,* **5,** 269-288, 1929.

SCOTT, F. M. : Cystoliths and plasmodesmata in *Beloperonė, Ficus,* and *Boehmeria, Bot. Gaz.,* **107,** 372-378, 1946.

SINNOTT, E. W., AND R. BLOCH : Changes in intercellular relationships during the growth and differentiation of living plant tissues, *Amer Jour. Bot.,* **26,** 625-634, 1939.

—— AND ——: Development of the fibrous net in the fruit of various races of *Luffa cylindrica, Bot. Gaz.,* **105,** 90-99, 1943.

SKUTCH, A. F. : Anatomy of leaf of Banana, *Musa sapientum* L. var. Hort. Gros Michel, *Bot. Gaz.,* **84,** 337-391, 1927.

SPONSLER, O. L. : The molecular structure of the cell wall of fibers, *Amer. Jour. Bot.,* **15,** 525-536, 1928.

TUPPER-CARY, R. M., AND J. H. PRIESTLEY : The composition of the cell wall at the apical meristem of stem and root, *Proc. Roy. Soc.,* B **95,** 109-131, 1923.

VAN WISSELINGH, C. : Die Zellmembran. *In* Linsbauer, K. : " Handbuch der Pflanzenanatomie, " III, 1925.

WAREHAM, R. T. : " Phragmospheres " and the " multinucleate phase " in stem development, *Amer Jour. Bot.,* **23,** 591-597, 1936.

WERGIN, W. : Uber den Feinbau der Zellwande höherer Pflanzen, *Biol. Zentralbl ,* **63,** 350-369, 1943.

WRIGHT, J. G. : The pit-closing membrane in the wood of the lower gymnosperms, *Trans. Roy, Soc. Can.,* Sec. V, Biol. Sci. III, **22,** 63-95, 1928.

ZIEGENSPECK, K. : Uber das Ergusswachstum des Kutins bei *Aloė*-Arten, *Bot. Arch.,* **21,** 1-8, 1928.

الفصل الثالث

الأنسجة الانشائية (المرستيمات)

يتضمن نمو الكائن الحى أساسا زيادة فى حجم الكيان البروتوبلازمى . ويرتبط بهذه الزيادة ارتباطا وثيقا التطور والتميز الذى تمارسه الخلايا التى تمثل الزيادة . ويعتبر هذا التميز عادة صورة من صور النمو . وقد يتم النمو فى بعض النباتات البدائية ، وفى بعض الأجزاء أو المراحل من حياة النباتات الراقية ، دون أن يصاحبه انقسام الكيان البروتوبلازمى الى وحدات خلوية . على أن الشائع فى النباتات ذات الخلايا ، هو الارتباط بين أى درجة واضحة من النمو وبين نشأة خلايا جديدة وما يتبع ذلك من نمو هذه الخلايا الناشئة وتحررها . وفى النباتات التى لا تتخصص فيها الأنسجة أو أن يكون التخصص قليلا ، قد يحدث الانقسام الخلوى فى سائر أجزاء النبات أو فى بعض أجزائه وينتج عن ذلك زيادة حجم النبات . أما فى النباتات ذات الأنسجة المتخصصة ، فان تكوين الخلايا الجديدة يتركز فى مناطق محددة متميزة تسمى الأنسجة الانشائية أو المرستيمات .

وهناك مصطلحان للخلايا والأنسجة الانشائية كان استعمالهما غير دقيق ، هما المرستيم والمرستيمى ، ويختلف الكتاب كثيرا فيما تعنى ، ومن العسير وضع تعريف دقيق لهما،لأن من العسير وضع الحدود الدقيقة فى الوصف والتعريف بين الأنسجة التى تكون المرستيمات ، والأنسجة التى تشبه الى حد ما الخلايا المرستيمية ، أو بين هؤلاء وبين الخلايا الناضجة الدائمة . ذلك لأن النمو والتميز عمليات متصلة التتابع . والربط بين التركيب ومراحل تلك العمليات لا يمكن أن تحدده قواعد عامة . وفى هذا الكتاب يستعمل مصطلح «المرستيم» ليدل على مناطق من الخلايا المتصلة تتخصص فى تكوين أنسجة جديدة ، أما « المرستيمى » فهى صفة تطلق على الخلايا التى تشبه المرستيم فى بعض الأوجه ، دون أن تتكون من أو أن تكون المرستيم ، وبعبارة أخرى هى الخلايا أو الأنسجة أو المناطق التى تتميز ببعض صفات المناطق النامية ، وخاصة صفة الانقسام الخلوى ، دون أن تكون مرستيما بالمعنى الدقيق . ونضرب مثلا لتوضيح ذلك : تعتبر قمم السوق وأنسجة الكمبيوم

من مناطق انشاء الخلايا ، أما أنسجة الخشب واللحاء الناشئة فهى أنسجة مرستيمية بمعنى أنها خلايا قد تنشىء بعض الخلايا الحديثة ، وهى حديثة النشأة غير ناضجة ، ولكنها لا تتصف بدوام القدرة على انشاء الخلايا الجديدة ، ولا حتى الاستمرار المحدود فى ذلك . ومثل آخر هو خلايا نسيج ناضج مثل القشرة الأولية فى الساق التى قد تنقسم دون أن تستمر فى ذلك ، مثل تلك الخلايا يمكن وصفها بأنها مرستيمية ، ولكن لا يمكن أن نطلق عليها ولا على الأنسجة التى تتضمنها كلمة المرستيم . وقد تجدد مؤخرا الاهتمام بدراسة المرستيمات ، وصاحب ذلك مع الأسف خلط فى استعمال تلك المصطلحات .

تختلف خلايا المرستيم عن خلايا الأنسجة الناضجة، بأن بها فى العادة سيتوبلازما غزيرا ، والفجوات صغيرة أو غير موجودة ، والأنوية كبيرة ، والجدران رقيقة ، ولا توجد مسافات بينية . هذه هى الصفات العامة ، على أن بعض البداءات فى المرستيم الطرفى وفى الكمبيوم ، قد تحوى فجوات ذات أحجام ملحوظة ، كما أن الجدران القطرية فى خلايا الكمبيوم قد تكون غليظة (شكل ٨٨) . وربما وجدت مسافات بينية صغيرة بين الخلايا الناشئة عن المرستيم الطرفى .

وقد ورد استعمال كلمة جنينى ، كمرادف لصفة مرستيمى ، فى وصف الأنسجة الحديثة النشأة . ولكن هذا الاستعمال خالطه الغموض ، والأفضل أن يقتصر على أنسجة الجنين فقط .

الخلايا والأنسجة المرستيمية والدائمة :

يمكن تصنيف الخلايا والأنسجة من ناحية مرتبة تطورها الى مرستيمية ودائمة . فالخلايا والأنسجة المرستيمية، هى تلك التى يحدث فيها تكوين خلايا جديدة والتى لم يتم فيها التخصص بعد . أما اذا تم التخصص والنضج فانها تسمى دائمة . ولا يعنى ذلك أنها دائمة بالمعنى الدارج للكلمة ، لأنها قد تتغير من ناحيتى الشكل والوظيفة بعد فترة طويلة أو قصيرة من وجودها كخلايا تامة التخصص والنضج . نذكر على سبيل المثال خلايا البشرة أو خلايا القشرة التى قد تكون كمبيوم الفلين ، بعد أن تنقضى شهور على تمام نضجها ، واستكمال نمو أجزاء الساق التى تشتمل عليها . كذلك نذكر خلايا البناء الضوئى فى القشرة والخلايا البرنشيمية فى اللحاء القديم اذ تتحول الى خلايا حجرية . وربما تغيرت ملامح الخلايا تغيرا

واضحا بعد مدة طويلة قد تصل الى سنوات من بلوغها النضج ، اذ قد تستعيد نشاطها وقدرتها على الانقسام وتكوين خلايا جديدة وربما كونت مرستيمات . وقد تستثنى من ذلك الخلايا ذات الأشكال الخاصة والجدران الغليظة . على أن لذلك كله شواذ ، حتى أن من العسير أن توجد خلايا حية يمكن أن توصف بالدوام التام . ولكن للتميز بين الخلايا والأنسجة المرستيمية والدائمة أهمية فى ادراك مراحل النشأة والتطور فى المناطق النامية .

تصنيف المرستيمات

يمكن الاعتماد على أسس مختلفة لتصنيف المرستيمات مثل مرحلة التطور والتركيب والموضع من جسم النبات والأصل والنشأة والوظيفة والهيئة والامتداد، وهذه الأسس لا يجب بعضها بعضا ، ولا يمكن وضع تحديد ضيق لها . وسنناقش فيما يلى الأنواع الرئيسية للمرستيمات .

تصنيف المرستيمات على أساس مرحلة النطور ومنهاجه :

المرستيم البدائى أو الأول :

المنطقة التى ينشأ فيها النمو الجديد ، والتى ينشأ فيها الأساس الأولى للأعضاء الجديدة أو الأجزاء الجديدة من الأعضاء النباتية ، هى منطقة المرستيم البدائى أو الأول . وقد أطلق عليها أسماء متعددة كالمرستيم الابتدائى ، والمرستيم الحقيقى والمرستيم الجنينى . وتتضمن هذه المنطقة من الناحية التركيبية البداءات ونواتجها المباشرة لجميع خلايا صببية ذات أضلاع متساوية ، وجدران رقيقة ، والنقر فى مراحل تكونها المبكرة،السيتوبلازم نشط وله فجوات صغيرة أو غير ذى فجوات، والأنوية كبيرة ، والمسافات البينية دقيقة أو غير موجودة . والمرستيم الأول لعضو أو منطقة ما يكون محدود الامتداد ، ويختلف فى كميته من نبات الى آخر ، كما يختلف فى الأعضاء المختلفة وفى الظروف المختلفة للنمو . ومن الطبيعى أن الحدود غير قاطعة بين المرستيم الأول وما يصاحبه ويمتزج بحدوده من الخلايا المرستيمية التى سبقت نشأتها . وعندما تبدأ خلايا المرستيم الأول فى تغيير حجمها وشكلها وطبيعة الجدار والسيتوبلازم ، فانها بذلك تبدأ عمليات تميز الأنسجة وتخصصها وهى تفقد عندئذ صفة المرستيم البدائى أو الأول ، لأنها تخطت تلك المرحلة المبكرة . وعلى سبيل المثال يوجد عند قمة عضو ما مرستيم له طول معين ولكن المرستيم

الأول هو الجزء الصبى منه وهو الجزء الطرفى الصغير . وما بقى من المرستيم يمثل المراحل الأولى من الأنسجة التى أنشأها هذا المرستيم البـدائى الأول . ولا يوجد مصطلح محدد ليدل على هذه المنطقة المتطورة جزئيا والتى تتضمن بداية تخصص الأنسجة وما يزال الانقسام الخلوى فيها نشطا .

كتلة وقرص وشريط المرستيم :

يمكن تصنيف المرستيمات ، على أساس اتجاه سطوح الانقسام الى كتل وأقراص وأشرطة باعتبارها أشكال نمو . ففى الكتل المرستيمية ، يكون النمو فى سطوح ثلاثة أو يكون الانقسام فى كل الاتجاهات ويكون نتيجة ذلك زيادة الكتلة ؛ وفى الأقراص المرستيمية ، يكون النمو فى اتجاه سطحين اثنين ، ويكون نتيجة ذلك زيادة الرقعة . أما فى الأشرطة فالانقسام يستمر فى اتجاه سطح واحد وينتج عنه صفوف وأعمدة من الخلايا وتكون وظيفته الأساسية زيادة العضو فى الطول . ومن أمثلة الكتل المرستيمية المراحل المبكرة فى كثير من الأجنـة ، والأكياس البوغية أو الجرثومية النامية ، ونسيج الاندوسبرم فى بذور كثير من النباتات ، والنخاع والقشرة أثناء التكون فى بعض النباتات . ومثال الأقراص المرستيمية ذات الطبقة الواحدة تلك التى تكون البشرة ، أما ذات الطبقتين وعدة الطبقات فواضحة فى بناء الورقة ، حيث يكون الانقسام فى المراحل الأولى فى مستوى سطح الورقة وفى مستويات قائمة عليه ، وينتج عن ذلك زيادة رقعة الورقة زيادة كبيرة مع زيادة قليلة فى ثخانتهـا . وللأشرطة المرستيمية أهميـة واضـحة فى تكوين الجذور الصغيرة وتكوين القشرة والنخاع فى السوق الحديثة النشأة . وقد شاع استعمال مصطلح أشرطة المرستيم ، ولكن من الأسف أنه استعمل أحيانا لا ليدل على مناطق انشاء الخلايا بل على مناطق تخصص الخلايا ، حيث تنتظم فى صـفوف طويلة . وفى الغـالب تكون مثل تلك الصـفوف أجزاء من كتل من الأنسجة المرستيمية تتميز باتجاه انقسام خلاياها . وقد استبدل فى الكتابات الحديثة بمصطلح صفوف المرستيم ، أشرطة المرستيم ، لأن هذا أدق فى الوصف . ومن الواضح أن مثل هذه الأنواع من تصنيفات المرستيم يمكن تمييزها حيث الخلايا البرنشيمية ، أما المرستيمات ذات الخلايا البروزنشيمية فلا يمكن تصنيفها على ذلك النحو . والخلايا التى تبدأ فى الاستطالة تكون المراحل الأولى من الكمبيوم الأول (انظر الفصل الخامس) ، أو من الكولنشيمة (انظر الفصل الرابع) أو فى حزم الألياف .

تصنيف المرستيمات على أساس تاريخ الخلايا المنشئة :

يصنف المرستيم على أساس نوع النسيج الذى نشأ عنه الى مرستيم أولى أو ثانوى . المرستيم الأولى هو ما يبنى الجزء الأساسى الأولى من جسم النبات ويتضمن المرستيم البدائى أو الأول . ويجوز فى بعض الاستعمالات التفريق بين المرستيم البدائى أو الأول والمرستيم الأولى . فى المرستيم الأولى يكون المرستيم البدائى هو أسبق المراحل والباقى هو ذلك الجزء الوسيط بين المرستيم البدائى والأنسجة الناضجة . ومن صفات المرستيم الأولى أنه يتضمن المرستيم البدائى بصفة دائمة،منذ النشأة الجنينية،دون أن يكتنف تاريخها المتصل مرحلة تتحول فيها كليا أو جزئيا الى خلايا دائمة أو تفقد فيها صفتها المرستيمية . والمرستيم الأولى يوجد أساسا فى قمم السوق والجذور وأطرافها ، وبداءات الأوراق ومثيلاتها من الزوائد الجانبية .

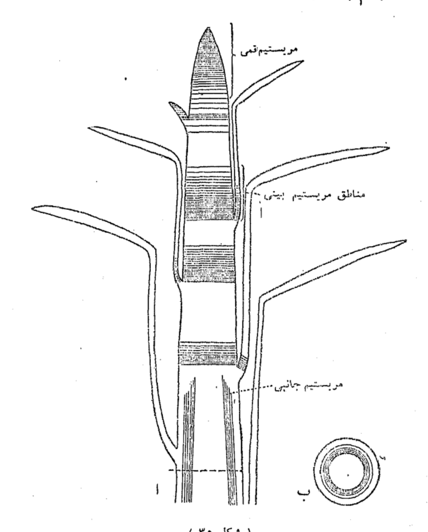
ولا يستثنى من قاعدة احتواء المرستيم الأولى على مرستيم بدائى متصل التاريخ منذ مرحلة الجنين غير قمم الجذور والبراعم الجانبية العرضية وفى بعض أنواع أنسجة الجروح . على أن الكثير مما يسمى البراعم العرضية ينشأ من براعم ساكنة مدفونة ، ولا تنشأ جديدة فى الأنسجة الدائمة . أما المرستيمات التى تنشىء الأعضاء العرضية الحقيقية فتتكون من أنسجة دائمة ، وهذه نشأة ثانوية ، ولكن نظرا لتركيبها ونواتج نشاطها فانها تسمى مرستيمات أولية . وعندما يتم تكوينها فانها قد تظل نشيطة دون توقف .

ويتميز المرستيم الثانوى عن الأولى بأنه ينشأ من أنسجة سبق لها النضج ، أى أنها خلايا يكتنف تاريخها مرحلة تصل فيها الى النضج ، وتتخذ هيئة النسيج الدائم أو تقترب من هذا الحال . وليس لهذه الأنسجة مرستيم بدائى حقيقى ، رغم الشبه الذى قد يكون بين طبقاتها المنشئة وبين المرستيم البدائى . وسبب تسميتها المرستيمات الثانوية ، أنها تنشأ من جديد فى خلايا غير مرستيمية . ومن أمثلتها كمبيوم الفلين ، الذى ينشأ فى خلايا ناضجة غير بالغة التخصص .

وينشىء المرستيم الأولى المراحل المبكرة من بناء الجسم النباتى ، وهى ما قد تكون من ناحية النشاط الوظيفى جسما كاملا ، أما المرستيم الثانوى فيضيف الى هذا البناء أنسجة اضافية تستبدل من ناحية النشاط الوظيفى الأنسجة السابقة أو تدعمها أو تقوم بحماية مناطق الجروح وتضميدها .

أما الكمبيوم وهو واحد من أهم المرستميات ، فلا يتيسر اعتباره على وجه التحقيق فى أحــد القسمين . فهو ينشأ من المرستيم الطرفى كجزء متخصص . أما الكمبيوم الاضــافى فينشأ ثانويا . وينشىء الكمبيوم أنســجة ثانوية تماثل ما تنشئه المرستيمات الثــانوية ، وفى ذلك يختلف المرستيم الأولى الذى ينشىء أنسجة أولية .

وقد قيل عن تقسيم المرستيم الى بدائى وثانوى،انه قليل الفائدة،ولكن جدواه الخاصة ، المعــاونة على فهم المنهاج الذى يبنى عليه جسم النبات المعقد ، وكيف يتحور هذا الجسم باستمرار النمو .



(شكل ٣٥)

رسم تخطيطى يبين مواضع المرستيمات . الاجزاء ذات الخطوط المتقاربة هى الاصبى ، الاجزاء غير المخططة . ا ــ منظر طولى . ب قطاع عرضى عند الخط ا ــ ا

تصنيف المرستيمات على أساس موضعها فى جسم النبات :

تصنف المرستيمات على أساس موضعها فى جسم النبات الى طرفيه وبينية وجانبية (شكل ٣٥) . وتوجد المرستيمات الطرفية فى قمم المحور والزوائد ، ويطلق عليها عادة القمم النامية . والمرستيم البينى يكون بين منطقتين من الأنسجة الدائمة ومثال ذلك المرستيم الذى يوجد عند قاعدة الأوراق فى كثير من ذوات الفلقة الواحدة ، ويقع المرستيم الجانبى كما يدل عليه اسمه ، فى جانب العضو ومن أمثلته الكمبيوم وكمبيوم الفلين) .

المرستيم الطرفى :

المرستيمات الطرفية أو القمم النامية عامة فى النباتات الوعائية عند أطراف الجذور والسوق ، وأحيانا فى أطراف الأوراق . وينتج عن نشاط هذه المرستيمات استطالة الأعضاء التى تقع عند أطرافها ، وبناء الجسم الأولى للنبات . ويكون على رأس نشاط النمو خلية واحدة أو عدة خلايا تقع عند طرف العضو ، وتحافظ تلك الخلية على كيانها وعلى وضعها ، وتسمى المنشئات الطرفيـة أو الخلايا الطرفية . وربما كانت الخلايا فى نهـاية العضـو فقط أو أن تكون فى نهـايته وما دون النهاية أيضا .

الخلايا الطرفية :

تتميز بعض النباتات الوعائية بوجود الخلايا الطرفيـة المفردة ، منهـا ذيل الحصانيات وأغلب السراخس وبعض من التريدات الأخرى . أما فيما عدا ذلك من النباتات الوعائية فتوجد مجموعة أو مجموعات من الخلايا الطرفية أو من الخلايا الطرفية وتحت الطرفية تكون مركز الانشاء . ولم يتيسر بعد الادراك الكامل لأوجه نشاط تلك الخلايا فى انشاء الأنسجة . على أن الدراسات الدقيقة التى تمت فى السنوات الأخيرة قد كشفت بعضا من غوامضها . ولما كان الفرق بسيطا جدا بين الخلايا المنشئة وبين خلاياها الوليدة الحديثة النشأة ، بل ربما لايكون بينهما فرق قط ، ولما كان الانقسام غير المحدود قد يستمر فى هذه الخلايا جميعا ، فان من العسير جدا تحديد عدد الخلايا المنشئة ووضع حدود لها . وربما كان العدد ثابتا

فى العضو الواحد وفى النوع النباتى الواحد ، ولكن من الجائز أيضا أن يتباين ذلك العدد ، وأن يختلف شكل مجموعة خلاياه فى العضو الواحد فى الفصول المختلفة ، والمرستيمات بالغة المرونة ، ويرجع ذلك الى التباين فى شدة النمو ، وفى الظروف الموسمية ، والى شكل العضو النامى وهيئته . وأصبح من المعلوم أن فى النباتات ذات البذور أنماطا عديدة من نشاط المرستيم الطرفى وتميز نواتجه ، وأن لكل من المجموعات الرئيسية للنباتات منهجا مميزا للنمو الطرفى ، ولكن النمو قد لا يتبع هذا المنهاج اتباعا دقيقا ، بل قد ينحرف عنه فى النبات الواحد (راجع نظرية البدن والغلاف) .

ويبدو أن الخلايا الطرفية المفردة ، تبقى على رأس نشاط النمو دائما ، أما حيث يوجد عدد أو مجموعة من الخلايا الطرفية فقد تنهض بوظيفتها لمدة محدودة ثم تستبدل بها خلايا جديدة . وفى أوقات النمو السريع،ربما أضيفت خلايا جديدة، تنشط مؤقتا فى انشاء الأنسجة الجديدة .

أنواع الخلايا الطرفية :

توجد أنواع متعددة من الخلايا الطرفية المفردة ، تختلف فى الشكل وفى عدد الجوانب التى تنشأ منها الخلايا الجديدة،وأكثرها شيوعا نوعان ، العديسية الشكل أى ذات وجهين انشائيين ، ولا توجد فى النباتات الوعائية ، والهرمية الشكل أى ذات الثلاثة الأوجه الانشائية (أشكال ٣٧ ا ، ٤١) . الخلية من النوع الأول ذات أوجه ثلاثة ، ولكن انشاء الخلايا الجديدة يكون من وجهين،والخلية من النوع الثانى ذات أربعة أوجه ، ولكن انشاء الخلايا الجديدة يكون من ثلاثة منها . أى أن أسماءها تدل على أوجه النشاط لا أوجه الشكل . والوجه الذى لا تنشأ عنه خلايا جديدة ، يتجه فى ناحية النمو الى أمام ، وقد تنشأ عن هذا الوجه فى الجذور خلايا جديدة (شكل ٤١) . ويصغر حجم الخلية الطرفية بعد انشاء الخلايا الوليدة،ولكن بصفة مؤقتة ، اذ سرعان ما تسترجع حجمها بالنمو ، وتبقى الخلية فى موضعها على رأس النمو الى مدى غير محدود .

ولنشاط الخلايا الطرفية المفردة ومنهاج انقسامها وانتظام الخلايا الناشئة عنها ، أهمية خاصة فى دراسة الحزازيات من نواحى الشكل ، ســواء فى ذلك الأجزاء الخضرية وأعضاء التكاثر ومراحل دورة الحياة . ففى هذه النباتات تتكون نفس الأنسجة أو الأعضاء ، من مجموعة من الخلايا ذات أصل معين،وتوجد فى موضع ما من النبات . وقد سبق الى الظن أن مثل هذا يقال عن النباتات الوعائية غير أن الثابت حاليا ، أن منهج النشاط فى جزء معين من المرستيم الطرفى ، قد لا يكون له أثر ملحوظ على الشكل فيما يعلو الحزاريات من مراتب النبات .

المرستيم البينى :

يطلق هذا الاسم على أجزاء من المرستيم الطرفى،تنعزل عنه أثناء النمو،ويفصلها عن القمة طبقات من الأنسجة الناضجة ، وما يزال المرستيم الطرفى ينمو بينما تبقى تلك الأجزاء البينية متخلفة (شكل ٣٥) . والطبقات النــاضجة هى منــاطق السلاميات والمرستيمات البينية،وتكون فى مناطق العقد بين السلاميات . وتتكون العقدة فى المراحل المبكرة للنمو من نسيج مرستيمى خالص أو قريبا من ذلك ، ثم تنضج بعض أجزائها أسرع مما تنضج أجزاؤها الأخرى ، ومن ذلك ينشأ فى منطقة العقدة تتابع ثابت فى مراتب النمو فى أغلب النباتات ، تكون الخلايا الأصبى عند قاعدة العقدة ، وفى بعض النباتات قد تكون فى وسط العقدة أو فى قمتها . وحيث تكون المنطقة الاصبى عند القاعدة ، يكون تتابع النضج فى خلايا العقدة قميا ، فاذا كانت الخلايا الاصبى عند القمة كان التتابع قاعديا ، واذا كانت فى الوسط كان التتابع الى أعلى والى أسفل .

وقد ساد الاعتقاد بأن المرستيم البينى ينفصل عن المرستيم الوالدى (الطرفى) فى مرحلة مبكرة جدا ، حتى أنه يشتمل على طبقة من المرستيم البدائى الأول،الذى تتضمنه المنطقة ، أى أنه ينشىء مناطق جديدة من العضو الذى يحويه ... وقد ثبت أن هذا الاعتقاد لا أساس له فى النجيليات ، وربما لا يكون له أساس قط . ومع أن هذه المناطق تتكون جزئياً من خلايا المرستيم الأول ، فانه تعبرها الحزم الوعائية ذات الخشب الأول واللحاء الأول التى تتمثل فيها مراحل متباينة النضج . وبهذا

التركيب لا تعتبر المنطقـــة مرستيما ، انما هى مرستيمية ومن الواجب أن تسمى كذلك .

وتوجد أوضح أمثلة المرستيم البينى فى سوق النجيليات وغيرها من ذوات الفلقة الواحدة وفى ذيل الحصانيات ، وهى فى هذه النباتات قاعدية الوضع ، وفى بعض أنواع النعناع حيث يكون المرستيم البينى تحت العقدة مباشرة . ويقـــال أنها توجد فى الشمراخ الزهرى لبعض النباتات كالهندباء ولســـان الحمل [1] وتكون فيها عند القمة . ويوجد المرستيم فى قواعد الأوراق فى كثير من ذوات الفلقة الواحدة كالنجيليات والسوسن وغير ذلك من النباتات كالصنوبر مثلا . وتختفى المرستيمات البينية آخر الأمر فتتحول الى أنسجة دائمة .

المرستيمات الجانبية :

تتكون المرستيمات الجانبية من خلايا منشئة ، تنقسم فى اتجاه سطح واحد مواز لامتداد المحور ، وتزيد من قطر العضو الذى يحتويها . وهى تضيف الى الأنسجة الموجودة فعلا أو تنشىء أنسجة جديدة . ومن أمثلتها الكمبيوم وكمبيوم الفلين . وتوجد فى حافة بعض الأوراق مرستيمات تنشط لفترة قصيرة ، سميت أيضـــا مرستيمات جانبية ، ولكنها فى الواقع لا تتبع أيا من هذه التقسيمات التى ذكرناها.

تصنيف المرستيمات على أساس الوظيفة :

يعتمد تصنيف المرستيمات فى دراسات التشريح الفسيولوچى على الأهميـــة الوظيفية للمرستيم . فالطبقة الخارجية من منطقـــة النمو الصبية تسمى منشىء البشرة ، لأنها تقوم بهذه الوظيفة ، أما منطقة الخلايا المستطيلة ذات الأطراف المذببة فهى الكمبيوم الأول ، وما عـــدا ذلك من النسيج المرستيمى ، يسمى المرستيم الأســـاسى أو مرستيم النسيج الأساسى . وليس الكمبيوم الأول هنـــا مرادفا للكمبيوم الأول الذى ســـيرد ذكره فى الفصـــل الخـــامس . لأن الاســـتعمال المورفولوچى ، يدل على المراحل المبكرة من نشـــأة النسيج الوعائى ، أما فى

---

(١) هندباء Tarxacum ، لسان الحمل Plantago .

الاستعمال الفسيولوچى ، فالكمبيوم الأول يتضمن الخلايا منشئة النسيج الوعائى وغيرها أيضا .

نظريات التطور والتميز التركيبى :

ينتج عن تتـابع مراحل النشاط والتميز فى المرستيمات أن تنتظم الخلايا فى وحدات بنائية أو فى مناطق تتميز بما يأتى :

١ — عدد الخلايا المنشئة ووضعها .

٣ — مستوى سطوح الانقسام وما يتبع ذلك من نظام للخلايا .

٣ — حجم الخلايا ومحتوياتها .

٤ — السرعة التى يتم بها نضج الخلايا .

وقد اقترحت عدة نظريات تتناول المناهج التى ينشأ بها نظام هذه المنـاطق وأهمية صفاتها التشريحية والهستولوجية والمورفولوجية .

نظرية الخلية الطرفية :

توجد الخلية الطرفيـة فى كثير من الطحالب ، وفى الحزاريات وفى بعض من النباتات الوعائيـة وهى فضيلة البسيلوتم وفصـيلة ذيل الحصانيات ، وأغلب السراخس وبعض أنواع الرصن [١] وقد أظهرت الدراسات المبكرة للمرستيم الطرفى فى الحزاريات والسرخسيات ذات الخليـة الطرفية الوحيـدة ، الأهميـة المورفولوجية فى تميز الطرف الى مناطق . وساد وقتئذ الاعتقاد أن الظروف ذاتها توجد فى النباتات الراقية ، رغم صعوبة تبينها فى النباتات ذات البذور ، وقدمت نظرية الخلية الطرفية كقاعدة لفهم منهاج النمو ومورفولوچية المجموعات النباتية جميعا . ولكن نشأ الاختلاف والتعارض ، عند تناول قمم مغطاة البذور ، حتى أصبح من الواضح أن النظرية لا تطبق على النباتات البذرية .

نظرية نشوء الأنسجة :

لقد حلت نظرية نشوء الأنسجة محل النظريات القديمة ، كأساس لتبيان نشاط القمم النامية فى النباتات البذرية . وتسمى هذه النظرية المنـاطق الأساسية فى

(١) Selaginella.

قمة الجذر ، أو الساق ، منشئات الأنسجة أى بناة الأنسجة ، بمعنى أن كلا منهـا تبنى جزءا معينا من العضـو . ويكون فى كل قمة ثلاثة منشئات ، هى المنشىء الوسطى وهو الأسطوانية الوسطى ، ومنشىء البشرة وهو طبقة خارجية ثخانتها خليـة واحـدة ، ومنشىء القشرة وهو ما بينهما (شكل ٣٦) . وقد كان الاعتقاد أن النطاقات المنشـئة أو الطبقات المكونة لكل منهـا تتطور عن بداءات مسـتقلة . أى أن هذه النظرية ، تعارض نظرية الخلية الطرفية ، بأن جعلت الأصول الانشائيـة مجموعة من الخلايا لا خليـة واحـدة . وتختلف عنها أيضـا فى تعليل الظواهر المورفولوجية وبيان أصولهـا . فالمنشىء الوسطى يبنى النخاع والأنسجة الوعائية الأوليـة ، ومنشىء البشرة يبنى البشرة ، كما يبنى القشرة نسيج منشىء القشرة .

(شكل ٣٦)
رسم تخطيطى لقمة المحور يبين منشئات الطبقات . ا ــ قطاع طولى . ب قطاع عرضى

وقـد طالما هيمنت هـذه النظرية ومصطلحاتها على أفكار المشـتغلين بعلم التشريح النباتى وعلى تصورهم للأنسجة والمناطق بل والأعضاء فى النباتات الوعائية وارجاعها الى أصولها . ولكن تميز هـذه النطاقات المنشـئة غير ممكن فى بعض النباتات ، وفى نباتات أخرى لا يكون لهذه النطاقات مغزى مورفولوجى،فالمنشىء الوسطى قد ينشىء النخاع فقط ، أو قد ينشىء الأسطوانة الوسطى جميعا وأجزاء من القشرة . بل ان نشاط النطاقات المنشئة قد يختلف فى المحاور المتناظرة على النبات الواحد .

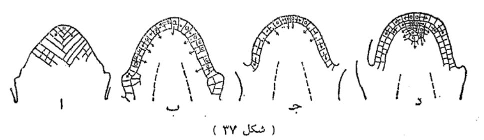
وواضح أن ليس لهذه المصطلحات قيمة مورفولوچية ، ولما كانت أهميتها الأساسية مرتبطة بقيمتها المورفولوچية ، فلم يعد لهذه النظرية استعمال على نطاق واسع ، واقتصر استعمال مصطلحاتها على الوصف الهستولوچي للسوق فى بعض الأحيان ، واستعمال أوسع فى وصف الجذور ، وتدل أساسا على نطاقات غير دقيقة الحدود .

نظرية الغطاء والبدن :

عاد الاهتمام بمراحل النمو فى محاور النباتات ذات البذور منذ حوالى عشرين سنة ، عندما وضعت نظرية الغطاء والبدن ، ولقى موضوع النشوء التكوينى لقمم الساق فى النباتات الوعائية مزيدا من عناية الباحثين . وتقول نظرية الغطاء والبدن التى تطبق على السوق الهوائية ، بتميز منطقتين فى القمة النامية،تتباين فيهما سرعة النمو ومنهاجه وتختلف فىالتركيب والمظهر : جزء أوسط هو البدن،وطبقة خارجية تغلف البدن وتحوط به من جوانبه ومن فوقه هى الغطاء . والخلايا فى البدن كبيرة، ونهج الانقسام الخلوى وسطوحه غير محدد ، وهى بذلك تزداد فى الحجم،أما الغطاء فخلاياه فى العادة أصغر من خلايا البدن ، وتنتظم فى طبقات أو فى صفائح ، والانقسام فيها فى اتجاهات متعامدة على السطح ، ولذلك فالنمو فيها يزيد أساسا من الرقعة . وتتباين هذه المناطق فى مدى وضوح حدودها وفى هيئتها وفى حجومها النسبية ، وحدودها فى الغالب غير واضحة المعالم ، والبدن فى الغالب ضخم أو مستطيل أما الغطاء فيتراوح بين طبقة واحدة وطبقات قليلة أو عديدة . والعناصر الأساسية فى هذا التميز ، الذى يصاحب مراحل النمو فى المناطق المتجاورة ، هى موضع الخلايا المنشئة وعددها واتجاه سطوح الانقسام فيها وفى نواتجها .

يتراوح عدد الخلايا المنشئة من القليل الى العديد . وفى بعض الأحوال النادرة مثل بادرات النجيليات ،يكون الطرف صغيرا ورقيقا جدا ، وربما يتكون الغطاء من خلية أو خليتين ، ويتكون البدن من خليتين . على أن تحديد الخلايا المنشئة ، باعتبارها خلايا باقية ، تجدد نفسها ، أمر يكاد يكون مستحيلا فى أغلب الأحوال ، ذلك لأنها تختلف فى القليل ، أو لا تختلف قط عن الخلايا الوليدة حديثة التكون . ولا شك أن عدد الخلايا المنشئة لا يبقى ثابتا ، كما لا تبقى هيئتها ولا تتابع انقسامها .

وعندما تكون الخلايا المنشئة على السطح يكون انقسامها فى اتجاه السطوح العمودية على العضو ، وعلى السطح الموازى له ، وفى مثل هذه الأحوال لا يتضح الحد بين الغطاء والبدن — أشكال (٣٧ ا ، ب ، جـ — ٣٨ ا — ٣٩ ا ، ب) . وعندما



(شكل ٣٧)

رسوم تخطيطية تبين موضع وسطوح الانقسام فى الخلايا المنشئة بقمة الساق . ا — خلية طرفية مفردة ذات سطوح انقسام مائلة عمودية على مستوى وجه الساق . ب — الخلايا المنشئة عديدة وسطحية والانقسام فيها وفى منشىء البشرة على السطوح العمودية والموازية لوجه الساق . جـ — الخلايا المنشئة عديدة وسطحية والانقسامات فيها على السطوح العمودية والموازية للوجه ، والانقسامات فى منشىء البشرة عمودية الاتجاه فى الغالب د — الخلايا المنشئة فى نطاقات ثلاثة ، النطاقان الخارجيان فيهما الانقسامات على السطوح العمودية للوجه ، وينتج عنها طبقة الغطاء ، ثخانتها خليتان . والنطاق الداخلى فيه الانقسامات فى كافة الاتجاهات وينتج عنها البدن . الخلايا المنشئة مبينة بدوائر تمثل الانوية

تكون الخلايا المنشئة فى تجمع أو فى كومة ، فان الخلايا الخارجية تنقسم فى سطوح عمودية على العضو ، وتكون منطقة الغطاء فى وضوح ، وتنقسم الخلايا الداخلية فى سطوح متعددة ويكون البدن (شكل ٣٧ د — ٣٨ د — ٣٩ جـ ، د) . وفى مثل هذه الأحوال يكون لكل من الغطاء والبدن أساس مستقل ، ويكون التميز بين حدودها على درجة من الوضوح . وبين هاتين الحالتين المتناقضتين عدة مراحل متوسطة ، حيث يكون التميز بين البدن والغطاء ضعيفا أو مشكوكا فيه .

وفيما تحت الخلايا المنشئة أو تحت نواتجها المباشرة (وهما مكونات المرستيم الأول) ، يبدأ تميز الخلايا فى الحجم والشكل والانتظام ، وينتج عن ذلك تخصص الأنسجة وبناء الهيكل العام للتركيب الأولى للنبات (انظر الفصل الخامس) . وتتداخل المنـــاطق والمراحل المختلفة ، أو تتطابق أطرافهـــا فى الترتيب الطولى . ولا يضطرب التتابع التدريجى فى تطور الأنسجة من القمة الى ما دونها من الأجزاء ، الا حيث العقد أو حيث ينشأ تركيب جانبى .

أنواع قمم الساق :

يتبع تميز النطاقات فى قمة الساق فى النباتات الوعائية ، نظاما يكاد يكون ثابتا ، ويبدو كأنه من الخصائص المميزة للمجموعات الكبرى . ويظهر فى تلك النظم زيادة

تدريجية فى التعقد من النباتات الدنيا الى النباتات الراقية ، ويبدو كأنها تمثل مراحل من التخصص تتدرج من البساطة الى التعقد . ففى المجموعات الدنيا ، تكون الخلايا المنشئة فى طبقة ، ثخانتها خلية واحدة ، ولا يوجد دليل على التميز بين البدن والغطاء ، أما فى المجموعات التى تمثل قمة الرقى ، فتكون الخلايا المنشئة تجمعا من طبقتين ، احداهما سطحية وهى الغطاء ، وتكون على الأرجح ، طبقة ثخانتها خلية واحدة ، والثانية داخلية تكون البدن . وتقع أغلب النباتات ذات البذور فى مرتبة وسط بين النوعين .

النوع البدائى من قمة الساق :

تكون قمة الساق غير متميزة الى بدن وغطاء ، بل تكون بسيطة ذات منشئات سطحية فى بعض التريديات كالمسكية[١] وايزوتس[٢] وبعض أنواع الرصن[٣] وفى بعض عاريات البذور البدائية والسيكاديات[٤].

لنأخذ المسكية ، (شكل ١٣٨) كمثال لهذا النوع البدائى . الطبقة المنشئة غير واضحة الحدود ، وتتكون من طبقة سطحية ثخانتها خلية واحدة ، تنقسم فى الاتجاهات العمودية على السطح والاتجاه الموازى له . ولا يمكن التميز بين منشئات محددة الطابع ، فكل خلايا الطبقة المنشئة متشابهة من الناحية الشكلية . والانقسام العمودى على السطح يوسع الرقعة ، والانقسام الموازى له ينشىء الأجزاء الداخلية .

قمة الساق ذات التميز الضعيف بين البدن والغطاء :

يكون أول التمييز بين البدن والغطاء ممكنا فى بعض عاريات البذور البدائية. ففى الفصيلة الصنوبرية (جنس الصنوبر) و (جنس التنوب[٥]) ، تكون الخلايا المنشئة على هيئة مجموعة طرفية ، ثخانتها خليـــة واحـــدة . وينشأ عن تلك المجموعة بالانقسام العمودى والموازى حشو وسطى ، وغلاف ثخانتـــه خليـــة

---

(١) Lycopodium.

(٢) Isoites.

(٣) Selaginella.

(٤) Cycads.

(٥) Abies.

واحدة ، (شكل ٣٧ جـ ، ٣٩ ا) . ويكون الأخير أشبه ما يكون بالغطاء ، ولكنه يتضمن بعض الانقسامات المتوازية مع السطح ، حتى فى الأجزاء القريبة من القمة، ولذلك فمن العسير وضع حدود للأنسجة التى تنشأ من المنطقتين .

أما فى بعض المخروطيات الأرقى ، فتوجد مرتبة من التميز أوضح ، (أشكال ٣٨ جـ ، ٣٩ ب) وهى تشبه فصيلة الصنوبريات ، فى وجود مجموعة صغيرة من الخلايا المنشئة ، تنتظمها طبقة ثخانتها خليـــة واحـــدة ، وتنقسم على السطوح العمودية والموازية للوجه . وتنشأ عن هذه الانقسامات ، طبقة تشبه طبقة منشىء البشرة ، وكتلة وسطية .

والانقسامات الموازية للسطح ، نادرة أو غير موجودة فى الطبقة الخارجية ، ما عدا فى الأجزاء الملاصقة للقشرة . ويقتصر نشاط الطبقة الخارجية فى بناء الجسم النباتى خاصة على الخلايا الموجودة فى أقصى الطرف ، ولكنها لا تلبث فيما دون الطرف أن تصبح كالغطاء ، وخاصة فى تحديد سطوح الانقسام .

وفى المخروطيات التى تناولتها الدراسة الممحصة الدقيقة ، ظهر أن جنسين فقط هما كريبتوميريا [١] وتكسوديوم [٢] ، تشتمل قمم سوقها النامية ، على طبقـــة منشئة للبشرة ، لا يكون فيهـــا الانقسام على سطوح موازية للوجه ، أن يكون ذلك نادرا جدا . ولقمم المخروطيات مظهر تركيبى ، يبدو كأنه يشتمل على بدن وغطاء ، ولكن الفحص الدقيق أظهر أن خلايا القمة فى النباتات التى تمت دراستها ، تتضمن طبقة واحدة من المنشئات ، أى أن المناطق المرستيمية المستقلة غير متميزة .

وتوجد فى المخروطيات تراكيب متباينة فى القمم النامية . حتى أن الاختلافات الواضـــحة قد تظهر فى أفراد النوع الواحـــد ، وهى اختلافات ترتبط جزئيـــا بمرفولوجية الساق ، وقوة النمو وغير ذلك من الظروف .

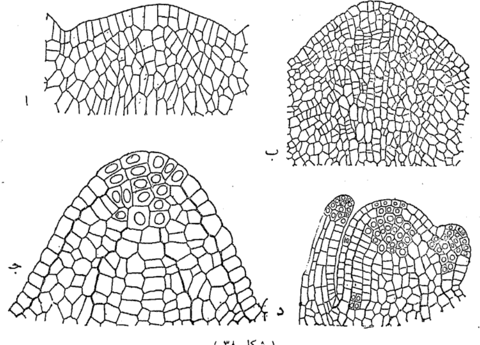
قمم الساق ذات الغطاء والبدن الواضحين :

عادة يكون تميز المرستيم الطرفى فى نطاقات أوضح فى كاسيات البذور عنه فيما دونها من المجموعات النباتية ، اذ توجد مجموعتان من الخلايا المنشئة ، واحدة

(١) Cryptomeria.

(٢) Taxodium.

فوق الأخـرى ، وتبنى الغطاء والبـدن ، وهى طبقات تامة الاستقلال والتميز أو قريبة من ذلك (أشكال ٣٧ د ، ٣٩ جـ) . ولا يوجد فى الغطاء انقسامات موازية للسطح ، أو لا تكاد توجد ، وتتراوح ثخانته بين خليـة واحدة وعدة



(شكل ٣٨)

تركيب قمم الساق كما تبدو فى القطاع الطولى (ا) نبات المسكية ، ويتكون الطرف من خلايا منشئة سطحية تنقسم فى الاتجاهات العمودية والموازية للوجه (ب) نبات الزامية ، يتكون الطرف من مجموعة وسطية من الخلايا المنشئة السطحية تنقسم فى الاتجاهات العمودية والموازية للوجه (جـ) نبات السكويا الخلايا المنشئة الطرفية تنقسم فى الاتجاهات العمودية والموازية ، الخلايا تحت الطرفية تنقسم فى كافة الاتجاهات (الخلايا المنشئة مبين فيها دوائر صغيرة مثل الانوية) . (نبات الخيزران الصينى . الغطاء من طبقتين ، والانقسام فى الاتجاهات العمودية فقط الا فيما ندر . الخلايا المنشئة فى البدن عديدة فى كتلة تحت منشئات الغطاء والانقسام فيها فى كافة الاتجاهات . (الخلايا المنشئة فى قمة الساق وأطراف الأوراق مبينة بدوائر صغيرة تمثل الانوية) الخطوط الغليظة فى الرسم (جـ) لا تدل على جدران غليظة انما تبين الحدود بين نطاقات طبقة سطحية هى منشىء البشرة ، وكتلة وسطية تكون النخاع ، أما فى الرسم (د) فتبين الخطوط الغليظة طبقتين الغطاء والجزء الوسطى من البدن ، ويتكون بالانقسامات الموازية للسطح فى خلايا البدن السفلى

خلايا ، والأغلب أن يكون غلظها خليتين أو ثلاث خلايا . ويختلف عدد طبقات الغطاء حتى فى أفراد النوع النباتى الواحد ، والأعداد العالية تكون أكثر شيوعا فى ذوات الفلقتين . والغطاء ذو الطبقـة المفـردة ، مثلما يوجـد فى النجيليات كالشوفان والقمح ، يمثل أكثر المراتب تخصصا ، ولكن حتى فى تلك الأحوال ، قد يحدث الانقسام الموازى للسطح مثلما يحدث فى الذرة . ويتباين البدن من الكتلة الكبيرة المعقدة الى العمود النخيل البسيط . وتكون الحدود بين مجموعتى

خلايا البدن والغطاء واضحة فى العادة ، ولكن تبينها فى بعض الأحوال عسير أو مستحيل وفى بعض الأجناس (مثل الفصيلة الشوكية) ، لا تظهر القمة تميزا بين البدن والغطاء ، وتشبه قمم عاريات البذور البدائية . ومن أمثلة ذلك الخيزران الصينى (شكل ٣٨ د) ، والونكة الوردية [١] (٣٩ ج) . وفى الخيزران الصينى يكون الغطاء من طبقتين (وأحيانا يكون من طبقة واحدة أو من ثلاث) ، أما فى الونكة فيكون الغطاء من أربع طبقات .

مناقشة نظرية الغطاء والبدن :

لقد عاونت نظرية الغطاء والبدن ، معاونة مذكورة ، فى وضع أسس ادراكنا لنظم المرستيمات الطرفية ، فى ذوات البذور ، وما تتسم به من تعقد وتباين . وقد أثارت الاهتمام بالدراسات المتعمقة ، لأنها هيأت الأساس والوسيلة لهذه الدراسات ، وتجمعت لدينا البيانات التفصيلية عن عدد عظيم من النباتات . وأصبحت معارفنا تشتمل على ادراك ، ولو محدود ، لوضع الخلايا المنشئة فى سوق النباتات ذات البذور ، واعدادها وأوجه نشاطها ، كما أصبح المامنا أعظم بالمراحل الأولى من نشأة البناء الأولى للساق . والغطاء والبدن فى هذه النظرية ، مثلها فى ذلك مثل الطبقات المنشئة فى نظريتها ، ذات قيمة مورفولوچية قليلة أو غير ذات قيمة من هذه الناحية . ولكن التمييز بين الغطاء والبدن ، له قيمة فى دراسة تفاصيل النمو ، وتميز المناطق فى العضو النباتى . والحذر واجب أن لا يرتبط المظهر المورفولوچى مع استعمال هذه النظرية ، لأن حدود الغطاء والبدن غير واضحة فى الغالب ، وحيث يمكن التمييز بين حدودهما ، فان النطاقين قد لا يكون تركيبهما ووظيفتهما ثابتة ، بل تتغير تبعا للظروف الموسمية ، وقوة النمو وعمر النبات ووضع المرستيم الطرفى فى النباتات ومورفولوچية قمة الساق . وعلى سبيل المثال ، نذكر أن الطبقة الداخلية من الغطاء فى الفروع الأولية لبعض النباتات تكون الطبقة الخارجية من البدن فى الفروع الثانوية . وقد يتباين عدد طبقات نطاق الغطاء فى الأطراف المتشابهة فى نفس الوقت . وهى فى العادة تقل فى الفروع الجانبية عنها فى الفروع الرئيسية القوية . والفروق التى تشاهد حتى فى النبات الواحد بين غلظ الغطاء ووضوح حدوده ، فى الأوقات المختلفة ،

---

(١) Vinca rosea.

والأوضاع المورفولوجية المختلفة ، كالفرق بين الفروع الأصلية والجانبية ، والفروع الدائمة والمتساقطة ، والأطراف الخضرية الوسطى ، والأطراف الزهرية القمية والأشواك ، هذه الفروق ترتبط بظروف النمو وبالطبيعة المورفولوچية للعضو النامى . ولذلك فمن المرغوب فيه ، ايجاد أساس مرن يتسع لأوصاف المرستيم جميعا . ولذلك فالواجب أن نفهم فكرة الغطاء والبدن ، على أنهـا ذات طبيعة ديناميكية مرنة ، وأنها لا تمثل مناطق ثابتة من النواحى المورفولوچية أو الوظيفية .

وتنشأ الأعضاء الجانبية للساق ، مثل الأوراق والفروع والأجزاء الزهرية ، قرب القمة ، وقد أضافت دراسات الغطاء والبدن الكثير الى معارفنا عن أصول هذه الأعضاء ومراحل نموها المبكرة .

الطرف الزهرى :

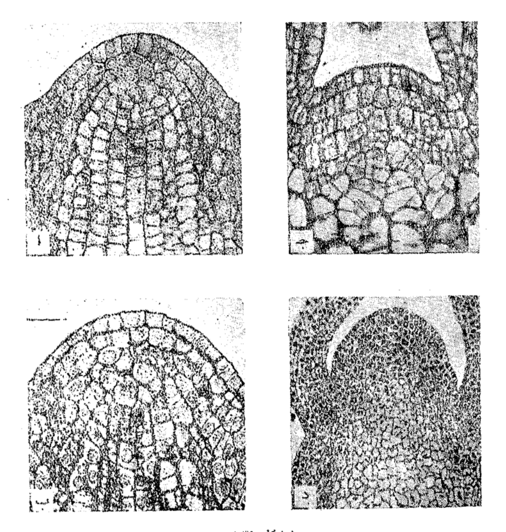
لا يوجد اختلاف جوهرى بين تركيب الطرف الزهرى (شكل ٣٩ د) وطرف الساق الخضرى . أما ما يمكن تمييزه من الفروق بينهما ، فهو ما يرجع الى طبيعتهما الموروثة ، التى تحدد مستقبل المحور مثل ما يشاهد فى الطرف الزهرى ، من ضغط للسلاميات وتزاحم للزوائد الجانبية .

ولقد قيل ان الطرف الزهرى ، يختلف بوضوح عن الطرف الخضرى ، وان المنشئات الطرفية تبنى المحور المركزى فى الطرف الخضرى ، ولكن بناء الطرف الزهرى ، تشترك فيه المنشئات الطرفية وما يتاخمها من الأنسجة ، وأن ليس للغطاء فى الطرف الزهرى نطاق منشىء متميز ، اذ يمتد الانقسام المتوازى الى أى مدى بداخله . على أن هذه الفروق التى قد تشاهد ، والتى تتباين فى درجتها تبعـا لهيئة الزهرة وبنائها لا تعتبر فروقا مورفولوچية ، بل ترتبط أساسا بوظيفة الطرف الذى يكون الزهرة ، فتتوقف الاستطالة ، وتفقد منشئات النمو الخضرى السابق كيانها ، ويتركز النمو فى المناطق الجانبية ، حيث تنشأ الزوائد العديدة عند المناطق العقدية المضغوطة بعضها الى بعض ، وينتج عن الانقسامات الموازية للسطح تضخيم التخت الزهرى ، وما يحمله من الزوائد والأعضاء الزهرية . وأن تميز نطاق خارجى ، وآخر داخلى ، يتباين فى الطرف الزهرى ، كما يتباين فى الطرف الخضرى وربما كان عدد طبقات الغطاء فى الطرف الزهرى لبعض النباتات أكثر أو أقل من

عددها فى أطرافها الخضرية . وفى مراحل النشوء الذاتى للنبات ، ينشأ الطرف الزهرى بتحول تدريجى أو مفاجىء للطرف الخضرى .

الطرف الجذرى – قمة الجذر :

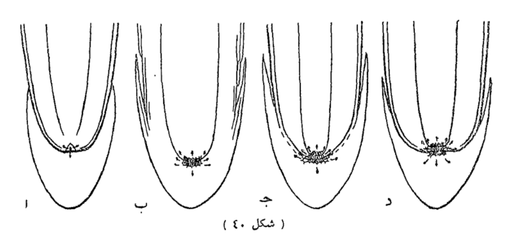
الطرف المرستيمى فى الجذر ، أبسط فى التركيب العام من طرف الساق ، اذ ليس له الزوائد النامية ، ولا ينقسم الى سلاميات وعقد ، ولكن جزءه الطرفى معقد التركيب ، بما يتكون فيه – بوسائل مختلفة – من قلنسوة الجذر . والقلنسوة



(شكل ٣٩)
تركيب قمم الساق كما تبدو فى القطاع الطولى (ا) نوع التنوب ، الخلايا المنشئة فى الطبقة السطحية تنقسم فىالاتجاهات العمودية والموازية للوجه ، والخلايا تحت الطرفية تنقسم فى كافة الاتجاهات . (ب) نوع من السكويا ، الخلايا المنشئة السطحية تنقسم فى الاغلب فى إتجاهات عمودية على الوجه ، والخلايا المنشئة تحت الطرفية تنقسم فى كافة الاتجاهات . (جـ) الونكة الوردية ، الغطاء من ثلاث طبقات وتنقسم فى الاتجاهات العمودية على الوجه فقط ، البدن واضح وخلاياه تنقسم فى كافة الاتجاهات . (د) نوع من الفلكس ، طرف زهرى

هى الجزء الطرفى من قمة الجذر ، تتميز بدرجات متفاوتة عما دونها من الأنسجة ، وهى تغطى القمة المنشئة فى الجذر وتحميها . وتتكون من الخلايا المنشئة التى تبنى الجذر ذاته فى كافة أنواع الجذور . ما عدا جذور ذوات الفلقة الواحدة ، وفيهـا يكون للقلنسوة أصل مستقل . ومن الطبيعى أن تتناول نشأتها عندما تتناول الطرف الجذرى ، أما تركيبها وأحوال وجودها ، فسيأتى الكلام عنها فى الفصل العـاشر .

والمرستيم الطرفى قصـير فى الجذر اذا قورن بمرستيم السـاق ، وتخصص النطاقات واضح ، والمراحل الأولى لا تكاد تجـاوز المليمتر الطرفى فيمـا دون القلنسوة (أشـكال ٤١ ، ٤٢) . ويمتد النمو فى القلنسوة وفى الجذر ذاته ، فى اتجاهين متضادين ، أما عدد الخلايا المنشئة ، فيتراوح من الخلية الواحدة الى عدة خلايا (شكل ٤٠) . فاذا كانت عديدة ، فهى تنتظم فى عدد يتراوح بين واحدة وأربع من المجموعات الواضحة ، ثخانة كل مجموعة خلية واحدة . (أشكال ٤٠ ب، ج ، د) وتشتمل كل مجموعة على خلية منشئة واحدة أو عدة خلايا . وتكون الخلايا المنشئة فى الأجزاء الوسطية من طبقة ثخانتها خلية واحدة ، ولذلك لا يمكن تمييزها عن نواتجها الحديثة ، الا اعتمادا على موضعها واقتصار الانقسام فيها على عدة الاتجاهات العمودية على السطح . وعلى العموم فان عددها يمكن تحديده على وجه التقريب . ويختلف عدد الخلايا المنشئة باختلاف قطر الجذر وسرعة نموه .

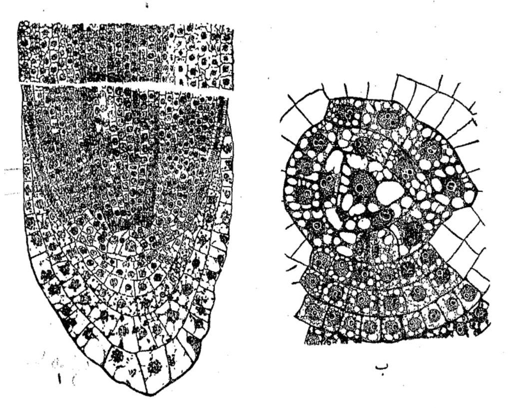


(شكل ٤٠)

رسوم تخطيطية لانواع من قمم الجذور . (ا) خلية منشئة طرفية وحيدة ، القلنسوة واضحة ولكن غير مستقلة فى أصلها . (ب) الخلايا المنشئة فى مجموعتين والقلنسوة غير مستقلة وتنشأ عن الخلايا المنشئة التى تنتج البشرة والقشرة . (ج) الخلايا المنشئة فى مجموعات ثلاث ، القلنسوة غير مستقلة البناء وتنشأ من أصل واحد مع البشرة (د) الخلايا المنشئة فى مجموعات ثلاث ، القلنسوة واضحة البنـاء وذات أصل مستقل

ففى الجذور النحيلة ، ربما اقتصر عددها على واحــدة ، كما هى الحال فى بعض النجيليات ، ولكن تميز النطاقات يظل واضحا . وتكون الحدود بين النطاقات أقل وضوحا فى أطراف الجذور الغليظة . وعندما توجد أكثر من مجموعة متميزة ، فان تلك المجموعات تنتظم ، الواحدة بجوار الأخرى ، موازية للمحور الطولى للجذر (شكل ٤٠) .

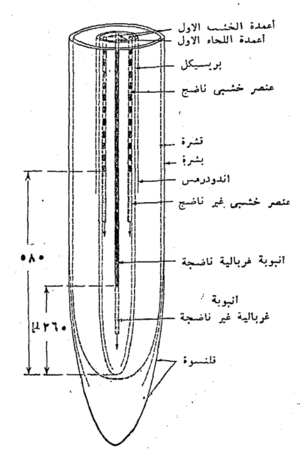
وسرعان ما ينشأ عن كل من تلك المجموعات ، نطاق أو أكثر من نطاقات النمو ، وهى أوضح تميزا فى الجذر عنها فى قمة الساق (أشكال ٤١ ، ٤٢) . ويبدو فى كثير من النباتات أن هذه النطاقات ، تمثل مناطق منشئات الأنسجة التى سبقت الاشارة اليها والى نظريتها ، ولذلك فقد طال الأمد بالاعتماد على تلك النظرية ، فى تبيان مناطق النمو فى قمة الجذر . وعلى الرغم من أن مصطلحات نظرية نشوء الأنسجة ، وهى منشىء البشرة ، ومنشىء الأسطوانة الوسطى ، ومنشىء القشرة



(شكل ٤١)

قمة الجذر فى سرخس الديشار . (ا) قطاع طولى وسطى يبين الخلية الطرفية ذات وجوه الانقسام الاربعة (واحد منها ليس فى مستوى القطاع) ونشأة الانسجة من هذه الخلية كما تظهر طبقات المنشىء الوسطى ، ومنشىء القشرة ومنشىء البشرة . (ب) قطاع عرضى يمر بالخلية الطرفية المنشأة يبين الوجوه الثلاثة التى تنشأ عندها الخلايا الوليدة وتكون أنسجة الجذر

لم يعد لها استعمال واسع فى وصف مراحل النشوء الذاتى للساق ، فما زالت تستعمل من باب التيسير ، لتدل على النطاقات الأساسية فى الجذر النامى . وقد أضيف اليها منشىء القلنسوة ، فى الأحوال التى يكون للقلنسوة فيها منشىء مستقل .



(شكل ٤٢)
رسم تخطيطى لجذر ثنائى الحزم (الطباق) يبين قمة الجذر ويوضح مراحل نشأة العناصر الوعائية الاولى

ويكتنف البيانات التى نشرت كثير من الغموض بالنسبة للطريقة التى تنشأ بها تلك النطاقات ، ولا تتفق الآراء على عدد أنماط النمو وطرزه . ووضوح النطاقات متباين والطرز الوسيطة بين الأنواع ذات النطاقات الواضحة ، سبق أن تناولها الوصف . على أنه يبدو وجود أنظمة أساسية للأقسام النباتية الرئيسية . ويعتمد النظام على عدد الخلايا المنشئة ، وعدد المجموعات التى تنتظم هذه الخلايا ، والنطاقات التى تنشأ عن كل من هذه المجموعات ، والطبيعة المورفولوچية للقلنسوة ، ومدى استقلال هذه القلنسوة .

للنباتات الوعائية اللازهرية خلية طرفية واحدة فى قمة الساق — نذكر منها ذيل الحصانيات ، وأغلب السراخس وبعض أنواع الرصن — ولهذه النباتات أيضا خلية طرفية واحدة فى قمة الجذر (أشكال ٤٠ ا ، ٤١) . هذه الخلية المفردة ، تقوم ببناء الجذر جميعه والقلنسوة ، وهى فى العادة متميزة التركيب ، ومنشأ القلنسوة من الخلية الطرفية الكبيرة واضح .

أما فى كثير من عاريات البـذور فتوجـد مجموعتان من الخلايا المنشـئة (شكل ٤٠ ب) . تكون المجموعة الداخلية المنشىء الوسطى والمجموعة الخارجية منشىء القشرة والقلنسوة ، ومن العسير تحديد الخط الفاصل بين المجموعتين ، وتبدو القلنسوة كنمو طرفى لمنشىء القشرة . ولا يوجد منشىء القشرة كنطاق مستقل متميز فى كل القمم ، على نحو ما يكون فى المجموعات الأخرى ، ولكن تنشأ البشرة من منشىء القشرة على مسافة قصيرة من القمة ، حيث تنفصل قاعدة القلنسوة عن منشىء القشرة .

أما فى كاسيات البذور فتوجد فى أغلب الأحوال ثلاث مجموعات من الخلايا المنشئة ، وفى أحوال نادرة تكون أربعا . وتكون المجموعة الطرفيـة فى ذوات الفلقتين القلنسوة ومنشىء البشرة ، كما تكون المجموعة الوسطى منشىء القشرة والمجموعة الداخلية المنشىء الوسطى (شكل ٤٠ ج) . وأوضح مميزات الطرف الجذرى فى هذا القسم النباتى ، هو وجود أصل واحد للقلنسوة ومنشىء البشرة . أى أن الجزئين الواقيين فى الجذر ينشآن عن مجموعة منشئة واحدة ، ولذلك يمكن اعتبار القلنسوة ، من الناحية المورفولوچية ، كنمو متخصص من البشرة .

ولذوات الفلقة الواحدة ، مثل ذوات الفلقتين ، ثلاث مجموعات من الخلايا المنشئة ، ينتج عنها أربعة نطاقات . ولكن المجموعة الخارجيـة تنشىء القلنسوة وحدها ، والمجموعة الوسطى تنشىء البشرة والقشرة . أى أن أهم ما يميز هذا القسم النباتى (ذوات الفلقة الواحدة) هو استقلال القلنسوة فى الأصل والتركيب. وأن النطاقين (البشرة والقشرة) اللذين ينشآن عن مجموعة منشئة واحدة يختلفان عن النطاقين (البشرة والقلنسوة) اللذين ينشآن عن مجموعة منشئة واحدة فى ذوات الفلقتين . وعلى الرغم من أن المجموعة التى تنشىء البشرة والقشرة تكون ثخانتها فى العادة خلية واحدة (شكل ٤٠ د) الا أنها قد تكون فى بعض الأحوال خليتين أو أكثر . ونادرا ما تنشأ النطاقات جميعا من مجموعات منشئة مستقلة .

والأمثلة المعروفة التي يوجد فيها أربع مجموعات انشائية ، هى بعض النباتات المائية في ذوات الفلقة الواحدة مثل الزقيم[١] وقاتل الضفدع[٢].

وقد وصفت الاختلافات فى الأنواع ، بأنها تمثل مراتب وسيطة ، واختلفت الآراء فى تحديد عدد الطرز وصدق الأسس التى بنى عليها تحديدها . ولذلك فما تزال القمة النامية فى الجذر ، فى حاجة الى مزيد من الدراسات المقارنة ، التى تتميز بالتمحيص ، والتوسع ، على نحو ما حظيت القمم النامية فى الساق ، فى ظل نظرية الغطاء والبدن .

العلاقة بين طرز النمو فى طرف الجذر :

يبدو أن التقدم التطورى قد امتد من الطراز ذى المركز الواحد للنمو الى مجموعة من ثلاثة أو أربعة مراكز للنمو ، مع اطراد فى مدى استقلال كل نطاق . أما القلنسوة فيبدو أن طريقة نشأتها كانت مختلفة . ففى النباتات الدنيا كان لها أصل واحد مع سائر أجزاء الجذر . وفى عاريات البذور يكون أصلها الجزء الخارجى من منشىء القشرة ، وفى مثل هذه الأحوال يتعطل ظهور منشىء البشرة ، اذ ينشأ نتيجة لتخصص فى طبقات منشىء البشرة فيما تحت السطح . وفى ذوات الفلقتين ، يبدو كأن القلنسوة جزء متخصص من البشرة . وفى ذوات الفلقة الواحدة تكون القلنسوة مستقلة الأصل .

REFERENCES — المراجع

ARTSCHWAGER, E. : Anatomy of the vegetative organs of the sugar cane, *Jour. Agr. Res.*, **30**, 197-221, 1925.

BALL, E. : The development of the shoot apex and of the primary thickening meristem in *Phœnix canariensis* Chaub., with comparisons to *Washingtonia filifera* Wats. and *Trachycarpus excelsa* Wendl, *Amer. Jour. Bot.*, **28**, 820-832, 1941.

BOKE, N. H. : Zonation in the shoot apices of *Trichocereus spachianus* and *Opuntia cylindrica, Amer. Jour. Bot.*, **38**, 656-664, 1941.

BOND, T. E. T. : Studies in vegetative growth and anatomy of the tea plant *(Camellia thea* Link) with special reference to the phlœm,

(١) Pistia. (٢) Hydrocheris.

II. Further analysis of the flushing behaviour, *Ann. Bot.*, **9**, 183-216, 1945.

BROOKS, R. M. : Comparative histogenesis of vegetative and floral apices in *Amygdalus communis* with special reference to the carpel, *Hilgardia*, **13**, 249-299, 1940.

BRUMFIELD, R. : Cell lineage studies in root meristems by means of chromosome rearrangements induced by X-rays, *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 101-110, 1943.

CROSS, G. L. : The structure development of the apical meristem in the shoots of *Taxodium distichum*, *Bull. Torrey Bot. Club*, **66**, 431-452, 1939.

———: The shoot apices of *Athrotaxis* and *Taiwania*, *Bull. Torrey Bot. Club*, **70**, 835-348, 1943.

———: A comparison of the shoot apices of the Sequoias, *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 130-142, 1943.

ENGARD, C.J. : Organogenesis in *Rubus*, *Univ. Hawaii Res. Publ.*, **21**, 1-234, 1944.

ESAU, K. : Ontogeny in the vascular bundle in *Zea mays*, *Hilgardia* **15**, 327-356, 1943.

———: Phlœm anatomy of tobacco affected with curly top and mosaic, *Hilgardia*, **13**, 437-490, 1941.

FLAHAULT, C. : Recherches sur l'accroissement de la racine chez les phanérogams, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **6**, 1-168, 1878.

FOSTER, A. S. : Structure and growth of the shoot apex in *Ginkgo biloba*, *Bull. Torrey Bot. Club*, **65**, 531-556, 1938.

———: Problems of structure, growth and evolution in the shoot apex of seed plants, *Bot. Rev.*, **5**, 454-470, 1939.

———: Further studies on zonal stucture and growth of the shoot apex of *Cycas revoluta* Thunb., *Amer. Jour. Bot.*, **27**, 487-501, 1940.

———: Comparative studies on the structure of the shoot apex in seed plants, *Bull. Torrey Bot. Club*, **68**, 339-350, 1941.

CRÉGOIRE, V. : La morphogénèse et l'autonomie morphologique de l'appareil floral. I. Le carpelle, *La Cellule*, **47**, 287-452, 1938.

HARTEL, K. : Studien an Vegetationspunkt einheimischer Lycopodien, *Beitr. Biol. Pflanzen*, **25**, 126-168, 1938.

Helm, J. : Das Erstärkungswachstum der Palmen und einiger anderer Monokotylen zugleich ein Beitrag zur Frage des Erstärkungswachstums der Monokotylen überhaupt, *Planta*, **26**, 319-364, 1936.

Hsu, J. : Structure and growth of the shoot apex of *Sinocalamus Pcecheyana* McClure, *Amer. Jour. Bot.*, **31**, 404-411, 1944.

Jancezwski, E. de : Recherches dur l'accroissement terminal des racines dans les phanérogames, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 5 sér., **20**, 162-201, 1874.

Johansen, D. A. : A proposed new botanical term, *Chron. Bot.*, **6**, 440. 1941.

Johnson, M. A. : Structure of the shoot apex in *Zamia*, *Bot. Gaz.*, **101**· 189-203, 1939.

——: Zonal structure of the shoot apex in *Encephala:tos*, *Bowenia*. and *Macrozamia*, *Bot. Gaz*, **106**, 26-33, 1944.

Kemp, M. : Morphological and ontogentic studies on *Torreya californica* Torr. I. The vegetative apex of the megasporangiate tree, *Amer, Jour. Bot.*, **30**, 504-517, 1943.

Kleim, w. : Vegetatienspunkt und Blattanlage bei *Avena sativa*, *Beitr. Biol. Pflanzen*, **24**, 281-310, 1937.

Koch, L. : Ueber Bau und Wachstum der Sprosspitze der Phanerogamen, I Die Gymnospermen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **22**, 491-680, 1891.

Korody, E. : Studien an Spross-Vegetationspunkt von *Abies concolor*, *Picea excelsa* und *Pinus montana*, *Beitr. Biol. Pflanzen*, **25**, 23-59, 1938.

Miller, H. A., and R. H. Wetmore : Studies in the developmental anatomy of *Phlox Drummondii* Hook., III. The apices of the mature plant, *Amer. Jour. Bot.*, **33**, 1-10, 1946.

Neeff, F. : Uber Zellumlagerung. Ein Beitrag zur experimentellen Anatomie, *Zeitschr. Bot.*, **6**, 465-547, 1914.

Newman, I. V. : Studies in the Australian Acacias. VI. The meristematic activity of the floral apex of *Acacia longifolia* and *A. suaveolens* as a histogenetic study of the ontogeny of the carpel, *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, **61**, 56-88, 1936.

Reeve, R. M. : Comparative ontogeny of the inflorescence and the axillary vegetative shoot in *Garrya elliptica*, *Amer. Jour, Bot.* **30**, 608-1943.

RUDIGER, W.: Die Sprossvegetationspunkte einiger Monocotylen *Beitr. Biol. Pflanzen*, **26**, 401-443, 1939.

SATINA, S., A. F. BLAKESLEE, AND A. G. AVERY: Demonstration of the three germ layers in the shoot apex of *Datura* by means of induced polyploidy in periclinal chimæras, *Amer. Jour. Bot.*, **27**. 895-905, 1940.

SCHMALFUSS, K.: Untersuchungen uber die interkalare Wachstumszone an Glumifloren und dikotylen Blutenschaften, *Flora*, **124**, 333-366, 1930.

SCHMIDT, A.: Histologische Studien an phanerogamen Vegetationspunkten. *Bot. Arch.*, **8**, 345-404, 1924.

SCHUEPP, O.: Meristeme, *In* Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzena, natomie," IV. Berlin, 1926.

SHARMAN, B. C.: Developmental anatomy of the shoot of *Zea mays* L., *Ann. Bot.* n.s., **6**, 245-282, 1942.

SINNOTT, E. W.: Structural problems at the meristem, *Bot. Gaz.*, **99**, 803-813, 1938.

SOUÉGES, R.: "La Différentiation," III, La différentiation organique, Paris, 1936.

STERLING, C.: Growth and vascular development in the shoot apex of *Sequoia sempervirens* (Lamb.) Endl., I. Structure and growth of the shoot apex, *Amer. Jour. Bot.*, **32**, 118-126, 1945.

STRASBURGER, E.: "Die Coniferen und die Gnetaceen, eine morphologische Studie," Jena, 1872.

STRUCKMEYER, B. E.: Structure of stems in relation to differentiation and abortion of blossom buds, *Bot. Gaz.*, **103**, 182-191, 1941.

TIGES, E.: Beiträge zur Kenntnis der Entstenung und des Wachstums der Wurzelhauben einiger Leguminosen, *Jahr. Wiss. Bot.*, **52**, 622-646, 1913.

TREUB, M.: "Le Méristèm Primitif de la Racine dans les Monocotylédones." Leiden, 1876.

VON GUTTENBERG, H., Der primäre Bau der Angiospermenwurzeln, *In* Linsbauer K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," VIII, Berlin, 1940.

——: Der primäre Bau der Gymnospermenwurzeln. *In* Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," VIII, Berlin, 1941.

WAGNER, N.: Uber die Entwicklungsmechanik der Wurzelhaube und des Wurzelrippenmeristems, *Planta*, 30, 21-66, 1939.

WARDLAW, C. W.: The shoot apex in pteridophytes, *Biol. Rev. Cambridge Phil. Soc.*, 20, 100-114, 1945.

ZIMMERMANN, W. A.: Histologische Studien am Vegetationspunkt von *Hypericum uralum*, *Jahrb. Wiss. Bot.*, 68, 289-344, 1928.

الفصل الرابع

الأنسجة والأجهزة النسيجية

فى كثير من النباتات الدنيئة ، يكون التباين فى أنواع الخلايا قليلا ، فلا يوجد غير خلايا خضرية ، وخلايا تناسلية بسيطة . وتكون مجموعات أو كتل هذه الخلايا التى تتشابه فى النشأة والتركيب والوظيفة ، تكون ما يعرف بالأنسجة . وعليه فان جسم النبات يتركب من « نسيج خضرى » و « نسيج تناسلى » . أما فى النباتات الراقية ، فالجسم معقد فى تركيبه الخلوى ، اذ يتكون من أنواع كثيرة من الخلايا ، متباينة تباينا كبيرا فى الشكل وفى الوظيفة ، ومختلفة فى نشأتها . وفى مثل هذه النباتات ، يصبح من الضرورى تعريف النسيج بصورة أقل دقة من ذلك الذى يتطلب تماثلا فى النشأة والتركيب والوظيفة . فالنسيج ، من الوجهة الشكلية ، هو مجموعة من الخلايا المتصلة المنتظمة ، المتشابهة فى النشأة والوظيفة الأساسية . وقد يوجد فى داخل النسيج تباين كبير فى الشكل الخلوى وفى الوظيفة ، الا أن الخلايا التى يتألف منها نسيج ما ، لابد أن تكون متلاصقة (ليست منتشرة بين خلايا أخرى) ، ولا بد أن تكون جزءا تركيبيا من النبات .

تقسيم الأنسجة : تقسم الأنسجة على أسس عدة هى : الموضع فى النبات ، ونوع الخلايا البنائية ، والوظيفة ، وطريقة النشأة أو مكانها ، ومرحلة التطور . وكل تقسيم يكون فى بدايته أو فى جملته مبنيا على أحد هذه الأسس . ويمكن ارجاع التقسيمات الى نوعين : أحدهما خاص بالتشريح والشكل الوصفيين ، والثانى خاص بالتشريح الفسيولوچى . ويعتبر اتصال الخلايا فى النسيج ضروريا من وجهة النظر الشكلية ، على حين لا يكون ذلك ضروريا من الناحية الفسيولوچية حيث تربط الوظيفة وحدها ، الخلايا بعضها ببعض ، داخل النسيج . هذا الاختلاف الرئيسى فى أساس التقسيم يمكن توضيحه بالأمثلة . فجزء واحد فقط من النسيج الشكلى « الخشب » — وهو الخلايا الموصلة الحقيقية — يكون « خشب » التشريح الفسيولوچى ، أما الخلايا الدعامية فتنتمى الى نسيج مختلف ، وتنتسب خلايا الادخار الى نسيج ثالث . كذلك تكون البشرة من الناحية الشكلية

نسيجا مفردا ، فاذا راعينا الجانب الفسيولوچى ، فان معظم خلايا البشرة تكون من البريديرم « الأنسجة البشرية » أو « الجلدية » ، وتكون الخلايا الحارسة والاضافية للثغور جزءا من « أنسجة التهوية » . وعليـه فان الخلايا والمجموعات الخلوية المبعثرة والمنعزلة تكون كثيرا من أنسجة التشريح الفسيولوچى .

طرز الأنسجة بالنسبة لمرحلة التطور

الأنسجة الانشائية والمستديمة : تتميز الأنسجة الى انشائية ومستديمة على نفس الأساس المتبع فى الخلايا . والأنسجة الانشائية أنسجة غير بالغة لها القدرة على النمو ، أما الأنسجة المستديمة فهى تلك التى توقفت فيهـا القـدرة على النمو ، على الأقل مؤقتا . وقد تتحول الأنسجة المستديمة — كليا أو جزئيا — الى أنسجة انشائية ثانية .

طرز الأنسجة بالنسبة لنوع الخلايا المكونة لها

الأنسجة البسيطة والمعقدة : تتميز الأنسجة الى بسيطة ومعقدة على حسب عدد أنواع الخلايا المكونة للنسيج . فهى بسيطة عندما تكون متجانسة تتركب من نوع واحد من الخلايا ، ومركبة عندما تكون غير متجانسة ، تتألف من أكثر من نوع واحد من الخلايا . ويساعد هذا التقسيم فى الوصف التفصيلى للأنسجة . ويوجد من الأنسجة البسيطة عدد قليل جدا فى النباتات ، أكثرها شيوعا البرنشيمية والكولنشيمية والاسكلرنشيمية . وتطلق هذه المصطلحات أيضا على الخلايا ، فمثلا قد تسمى الخلية « خلية برنشيمية » . ومثل هذه الخلية اما أن تكون وحدة فى نسيج بسيط هو النسيج البرنشيمى ، أو خلية لها صفات الخلايا البرنشيمية ، ولكنها عضو فى نسيج مركب . والخلايا البرنشيمية والاسكلرنشيمية هى مكونات شائعة للأنسجة المركبة ، أما الخلايا الكولنشيمية فلا توجد مختلطة مع أنواع أخرى من الخلايا . وتستعمل الصفتان « برنشيماتية » و « سكلرنشيماتية » للدلالة على خلايا لها بعض صفات الخلايا البرنشيمية والاسكلرنشيمية على التتابع ، ولكنها لا تنتمى قطعـا الى تلك الأنسجة . فهناك أليـاف برنشيماتية ، وخلايا فلينية اسكلرنشيماتية ... الخ .

والنسيجان الموصلان — الخشب واللحـاء — همـا أهم أنواع الأنسـجة المعقدة . ويتطلبان هنا دراسة منفصلة نظرا لشدة تعقدهما وتنوعهما وأهميتهما

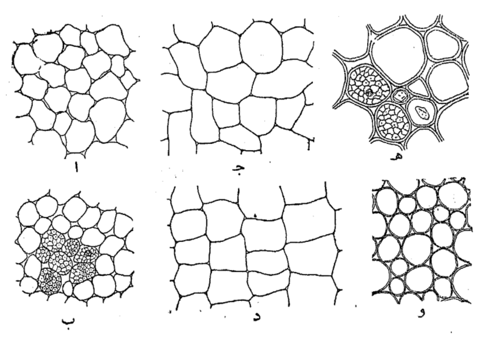
التركيبية والوظيفية . أما الأنسجة المعقدة الأخرى فيمكن اعتبارها كمزيج من البرنشيمية والاسكلرنشيمية أو تحورات من هذين النسيجين . وستكون دراسة الخشب واللحاء فى هذا الفصل خاصة بالتركيب والوظيفة بوجه عام ، وسنتناولهما بالمزيد من الدراسة فى فصول أخرى .

النسيج البرنشيمى : وهو نسيج خضرى بسيط ، أى أنه نسيج غير معقد فى تركيبه أو شكله عادة ، ومثله ذلك الذى يكون كتلة الجسم فى النباتات الدنيئة والأجزاء غير المتخصصة فى النباتات الأكثر تعقيدا . والبرنشيمة اصطلاح يستعمل بغير دقة نوعا ما ، فهو يطلق على كل الأنسجة غير المتخصصة بوجه عام والبسيطة الى حد ما والمسئولة بدرجة كبيرة عن النشاط الخضرى العادى فى النبات . ومن الجلى أن البرنشيمة من حيث نشوءها السلفى نسيج بدائى ، وذلك لأن النباتات الراقية قد نشأت دون شك من النباتات الدنيئة عن طريق التخصص ، وأن النوع الوحيد أو الأنواع القليلة من الخلايا الموجودة فى النباتات الأخيرة ، قد تحولت الى الأنواع الكثيرة الدقيقة الخاصة بالنباتات الراقية . وفضلا عن ذلك ، فان النسيج الانشائى بأجمعه غير متخصص ، ومن ثم فهو شبيه بالبرنشيمة — وفى الحقيقة كثيرا ما يسمى بالنسيج البرنشيمى — وعليه يمكن القول أن النسيج البرنشيمى ، من حيث نشوئه التكوينى أيضا ، هو النسيج البدائى .

والصفات العامة للخلايا البرنشيمية هى : تساوى الأقطار ، ورقة الجدر ، ووجود البروتوبلاست ، والقدرة على الانقسام الخلوى ، حتى عندما تصبح الخلايا مستديمة (شكلا ٤٣ و ٥٣) . وتوجد شواذ فى جميع هذه الصفات . ويكون النسيج البرنشيمى أجزاء كبيرة من مختلف الأعضاء فى كثير من النباتات ، فالنخاع ، والنسيج المتوسط فى الأوراق ، ولب الثمار ، تتكون أساسا من البرنشيمة ، وغالبا ما تكون القشرة والبريسيكل بأكملهما أو فى الجزء الأكبر منهما برنشيمية ، كما توجد البرنشيمة بكثرة فى الخشب واللحاء .

وفى الدراسات التى أجريت من قبل على تركيب النبات ، كانت الأنسجة تقسم على أساس الشكل العام والوظيفة الى برنشيمية وبروزنشيمية . وتتميز الأخيرة عن البرنشيمية أساسا بخلاياها المستطيلة ، المدببة ، غليظة الجدر ، وبوظائفهـا المختصة بالتدعيم والوقاية والتوصيل . غير أن أنواعا مختلفة تماما من الأنسجة

توجد فى النسيج « البروزنشيمى » ، وعليه أصبح استعمال الاصطلاح غير مرغوب فيه . الا أنه للتيسير ما زالت الخلايا والأنسجة توصف كثيرا بأنها « بروزنشيماتية » وذلك على النقيض من « البرنشيماتية » .



(شكل ٤٣)

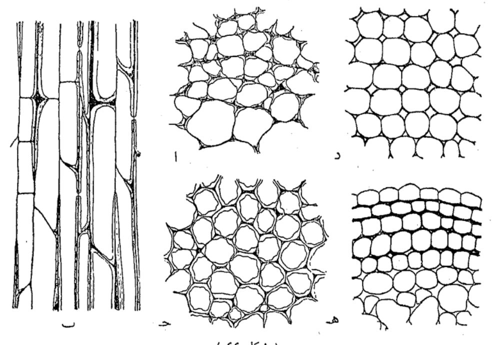
نسيج البرنشيمة (ا) ، من نخاع ريزومة أحد أنواع جنس بيوليبوديوم[١] ، (ب) ، من قشرة جذر أحد أنواع جنس العشار[٢] ، وتشاهد الخلايا ممتلئة بحبيبات النشا ، (ج) ، (د) ، من نخاع جنس الذرة قطاع عرضى وطولى على التوالى ، (هـ) ، خلايا غليظة الجدر ملجننة من نخاع فرع أحد أنواع جنس كستناء[٣] ، وتحتوى الخلايا على حبيبات نشا أو بلورات ، (و) ، خلايا غليظة الجدر من نخاع نوع من جنس كليماتس[٤] أو ياسمين البر .

النسيج الكولنشيمى : فى كثير من السوق ، يكون التدعيم فى المراحل المبكرة مستمدا بدرجة كبيرة من نسيج رخو ولكنه قوى يعرف بالنسيج الكولنشيمى . وأهم ما يميز هذا النسيج تطوره المبكر وملاءمته للتغيرات التى تحدث فى أعضاء النمو ، وبخاصة الزيادة فى الطول . وعندما يصبح هذا النسيج قائما بوظيفته ، يتوقف غيره من أنسجة التدعيم القوية عن الظهور . ويتكون النسيج الكولنشيمى من خلايا مستطيلة ، متباينة الشكل ، جدرها غير منتظمة التغلظ ، وأطرافها قائمة الزوايا أو مائلة أو مستدقة ، ويوجد بها بروتوبلازم . وتتراكب الخلايا وتتشابك

---

(١) polypodium vulgare
(٢) Asclpias incarnata
(٣) Castanea dentata
(٤) Clematis verginiana

بدرجات متفاوتة مكونة أشرطة تشبه أشرطة الألياف . وتتكون الجدر من السليلوز والبكتين ، وتحتوى على نسبة عالية من الماء . (من المحتمل أن يكون وجود



(شكل ٤٤)

نسيج الكولنشيمة (ا ، ب) ، قطاعات عرضية وطولية فى ساق نبات البطاطس (جـ ، د ، هـ) قطاعات عرضية فى ساق نوع من جنس أبو طيلون[١] وساق نوع من جنس العشار[٢] ، وعنق أحد نباتات جنس الاسارون[٣] على التوالى

البكتين هو السبب فى القدرة الفائقة على امتصاص الماء) . والجدر لدنة ، قابلة للتمدد ، وسريعة المواءمة للنمو السريع . والشرائط صغيرة القطر عند بدء تكوينها، غير أنه باستمرار النمو يضاف اليها من النسيج الانشائى المحيط . وقد تكون الخلايا الواقعة عند حدود الشريط انتقالية فى تركيبها ، وهى تتحول الى النوع البرنشيمى .

وتكون المناطق الشديدة التغلظ فى الجدار على هيئة أشرطة طولية (شكل ٤٤ ب) تشغل أركان الخلايا (شكل ٤٤ ا ، جـ) أو تغطى الجدر المماسية (شكل ٤٤ هـ) أو تنحصر فى أجزاء الجدر المواجهة للمسافة البينية (شكل ٤٤ د) . وحيث تحاط المسافات بأشرطة التغلظ الجدارى ، تتكون تراكيب عضوية مجوفة ، ويبدو

(١) Abutilon Theophrasti

(٢) Asclepias syriaca

(٣) Asarum canadense

النسيج الكولنشيمى وكأنه مكون من خلايا مغلظة الجدر منتشرة بين خلايا رقيقة الجدر . وتعتمد الطرز الكولنشيمية الثلاثة بجلاء على ترتيب الخلايا ، فحيث تكون الخلايا مرتبة بغير انتظام يتكون الطراز الأول ، وحيث توجد الخلايا فى صفوف مماسية يتكون الطراز الثانى ، وحيث توجد المسافات البينية يتكون الطراز الثالث . وقد أطلق على هذه الطرز الثلاثة من الكولنشيمة « زاوية » وصفائحية و « أنبوبية » على التوالى . والتمييز بين هذه الطرز ليس شيئا ضروريا ، اذ أنها جميعا قد توجد فى شريط واحد صغير مختلطة بعضها مع بعض (شكل ١٥٤) . وأكثر هذه الطرز شيوعا ، هو ذلك الذى توجد فيه التغلظات عند الأركان ، ويعتبر الطراز المثالى .

والنقر بسيطة ، كبيرة أو صغيرة ، فتحاتها مستديرة أو تشبه الشق . واذا عومل الجدار بمعاملات خاصة ، أمكن رؤيته متكونا من طبقات كثيرة ، تمتد كل منها حول الخلية بأكملها ، ولكنها تكون أغلظ حيث يبلغ تغلظ الجدار أقصاه . وتكون الطبقات غنية بالسيليلوز والبكتين على التعاقب . ويكون ظهور التغلظات مبكرا فى أثناء نمو الخلايا على حين تكون الزيادة فى حجم الخلية مستمرة ، وهذا مثل يوضح استمرار الزيادة وشدتها فى غلظ الجدار مع استمرار الزيادة فى المساحة . وتحتوى الخلايا على سيتوبلازم ظاهر ، وقد توجد به بلاستيدات خضر ، على الرغم من أن عملية البناء الضوئى ليست فى العادة من وظائف هذا النسيج . وقد تختلف محتويات بعض الخلايا عن بعضها الآخر فى نفس الحزمة ، كما فى جنس الحماض [١] ، حيث تحوى بعض الخلايا التانين .

وتنشأ الكولنشيمة من خلايا مستطيلة ، شبيهة بالكمبيوم الأولى ، تظهر مبكرة جدا فى أثناء تميز المرستيم . وتوجد بين هذه الخلايا مسافات بينية صغيرة ، ولكنها تختفى فى الطرز الزاوية والصفائحية كلما كبرت الخلايا فى الحجم ، فهى اما أن تنسد بالخلايا الآخذة فى الكبر أو تمتلىء بالمادة بين الخلوية .

والكولنشيمة نسيج وظيفته الأولى التدعيم المؤقت ، ويقتصر عملها فى بعض النباتات على تأدية تلك المهمة ، ثم لا تلبث أن تنسحق وقد تمتص عندما يزداد تزاحم الأنسجة الابتدائية الخارجية على البشرة أو طبقة البريديرم الأولى نتيجة

---

(١) Rumex.

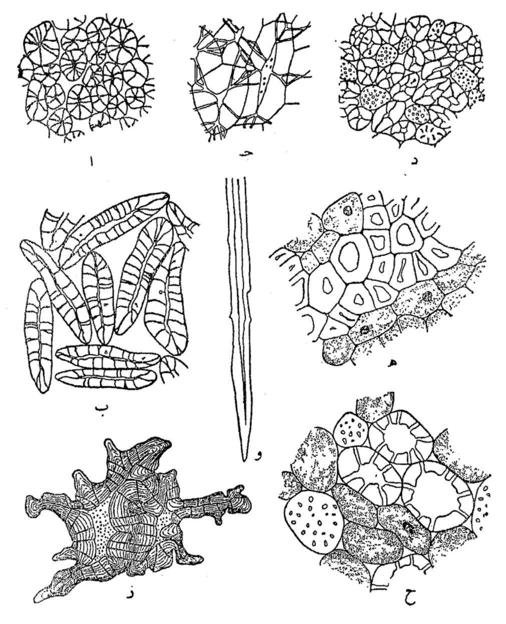
نمو الأنسجة الثانوية . ويحدث السحق فى كثير من النباتات العشبية التى يكون التغلظ الثانوى فيها كبيرا ، كما فى أجناس الحندقوق[١] والرمرام[٢] وسوليداجو[٣] ويندر أن توجد الكولنشيمة فى سوق النباتات الخشبية المثالية ، كما أن الجذور خلو منها . وتستمر الكولنشيمة المستديمة فى حالة وظيفية عادية فى أجزاء النباتات البالغة . فالأعناق الرخوة غير الخشبية على وجه الخصوص ، مثل أعناق جنسى سولانم[٤] والبيلسان[٥] ، تدعمها الكولنشيمة المستديمة الى درجة كبيرة . وبالمثل يتم التدعيم الى حد كبير فى السوق الرخوة العشبية مثل سوق جنسى الجزاع[٦] وبيليا[٧]. وحتى فى السوق الخشبية القوية لبعض الأعشاب مثل بعض أنواع أجناس الأسطير[٨] والنابطة[٩] والجارونيا[١٠] والحماض والخس[١١] توجد كميات قليلة منها .

وتوجد الكولنشيمة أساسا فى الأجزاء الخارجية من السوق والأعناق والعروق الوسطية للأوراق ، وتزداد قيمتها التدعيمية بمواضعها الخارجية ، حيث تكون غالبا كتلة النتوءات والزوايا فى الأعضاء النباتية . وبعض الشماريخ الزهرية — كشماريخ هندباء البر[١٢] — وكثير من الأعناق الزهرية تستمد تدعيمها الكلى تقريبا من الكولنشيمة . وفى سوق الأعشاب وأوراقها قد يكون هذا النسيج قلنسوات حزمية وأشرطة مشابهة متفرقة كما فى الكرفس والبنجر .

النسيج الاسكلرنشيمى : وهو طراز آخر من أنسجة التدعيم ، يقوم الى جانب ذلك بالوقاية الى درجة كبيرة . وخلايا هذا النسيج — على النقيض من الخلايا الكولنشيمية — تمتاز بجدرها الصلدة ، الملجننة عادة . والتى تحتوى على نسبة ضئيلة من الماء . وعند تمام النضج تكون الخلايا خالية غالبا من البروتوبلاست . والجدر منتظمة التغلظ وشديدته . أما بالنسبة للشكل والحجم ، فالخلايا الاسكلرنشيمية متباينة تباينا كبيرا ، غير أنه من الممكن تمييز نوعين عامين : الألياف

---

(١) Melilotus
(٢) Chenopodium
(٣) Solidago
(٤) Solanum
(٥) Sambucus
(٦) Impatiens
(٧) Pileo
(٨) Aster
(٩) Nepets
(١٠) Pelargonium
(١١) Lactuca
(١٢) Taraxacum



(شكل ٤٥)

نسيج الاسكلرنشيمة (ا ، ب) قطاعات عرضية وطولية للاسكلريدات المستطيلة فى الغلاف الداخلى لثمرة النارجيل[١]، (جـ) اسكلريدات من الغلاف الثمرى الداخلى لجنس الزعرور[٢] توضح التحام النقر فى مجموعات (د) ، اسكلريدات (خلايا حصوية) من الغلاف اللحمى لثمرة الكمثرى (هـ) ، ألياف منطقة اللحاء الابتدائى لجنس القنب[٣] كما تبدو فى القطاع العرضى (و) ، قطاع طولى فى جزء من ليفة واحدة من (هـ ، ز) ، اسكلريدات غير منتظمة من لحاء جنس ثويا[٤]، (ح) ، اسكلريدات وخلايا برنشيمية من قشرة ساق نوع من جنس دراسينا[٥]

---

(١) Cocos nucifera
(٢) Crataegus
(٣) Cannabis
(٤) Tsuga
(٥) Dracaena frograns

والاسكلريدات . وقد قصد من تميز هذين النوعين من الأنسجة الاسكلرنشيمية التيسير فى الوصف ، وليس له أهمية شكلية . وهناك أشكال وسطية كثيرة ، وقد يوجد الطرازان فى نفس النسيج ، مختلطين أحيانا ، ويؤديان نفس الوظيفة العامة .

الألياف : الأليــاف خلايا اسكلرنشيمية مســتطيلة ، مذببــة الأطراف عادة (شكلا ٤٧ ، ٥٤) . والجدر ملجننة غالبا ، وان كانت هناك ألياف تتكون جدرها من السليلوز بدرجة كبيرة ، كما توجد ألياف أخرى جيلاتينية الجدر . والنقر فى الألياف صغيرة جدا ، مستديرة أو تشبه الشق فى شكلها الخارجى ، وهى دون شك لا عمل لها فى الخلايا البالغة ، ما لم تكن تحتوى على بروتوبلاست . وقد تكون النقر كثيرة العدد ، الا أنها قليلة نوعا فى العادة . وقد تكون النقر قليلة أو موجودة فى صــورة تراكيب أثرية فقط فى طرز الألياف ذوات الجدر الشــديدة التغلظ . وتجاويف الألياف صغيرة ، تكون فى الغالب مجرد مجار فى مراكزها . وقد ينغلق المجرى فى بعض المواضع (شكل ٥٤ ب) ، وعليه لا يكون للتجويف وجود فى مستويات معينة من الليفة ، ويمثل موضعه السابق خط أو نقطة فقط فى القطاع العرضى . وفى أثناء نمو الألياف يصبح البروتوبلاست فى الغالب عديد النوى . ويختفى البروتوبلاست ، فى معظم طرز الألياف ، عند تمام نضج الخلية ، وتكون الخلية المستديمة ميتة وخالية من المحتويات . أما الألياف التى تحتفظ بالبروتوبلاست وغيرها من الطرز ، فستكون محل دراسة أكثر تفصيلا ، عند تناول الأنسجة التى توجد بها (انظر الخشب واللحاء والقشرة) .

تقسيم الألياف : اذا كان الاستعمال العادى غير الدقيق لمصطلح « الليفة » — كالتى سبق أن وصفناها — مقبولا ، فانه يمكن القول أن الألياف موجودة فى كل أجزاء النبات تقريبا . فهى موجودة عادة وبوفرة فى القشرة والبريسيكل واللحاء والخشب . ومن الناحية الشكلية يوجد طرازان متميزان من الألياف . فأليــاف القشرة والبريسيكل واللحاء تحتوى على نقر بسيطة ، وهى بذلك تختلف عن ألياف الخشب التى تحوى نقرا مضفوفة (برغم هذه النقر قد تكون مختزلة الى الحد الذى تبدو به بسيطة) حيث أن ألياف الخشب تعتبر ، من الناحية الشكلية ، قصيبات مختزلة . وتقسم الألياف أحيانا الى قسمين : « ألياف لحائية » و « ألياف خشبية » . وهاتان المجموعتان تماثلان فى جوهرهما المجموعتين اللتين سبق شرحهما آنفا ، الا أن المصطلحين غير دقيقين ، حيث أن لفظ « لحائية » المستخدم يستعمل ، لسوء

الحظ ، استعمالات كثيرة . وأكثر استعمالات هذا الاصطلاح شيوعا هو كمرادف للحاء أو يشير لألياف اللحاء الثانوى « وألياف اللحاء » فى التقسيم الآنف الذكر تتضمن ألياف القشرة والبريسيكل واللحاء . ومن الأفضل أن يشار الى الألياف باسم النسيج أو المنطقة التى توجد فيها ، مثل ألياف القشرة ، وألياف البريسيكل ، وألياف اللحاء ، وألياف الخشب وهكذا .

وتوجد الألياف ، اما منفردة أو فى مجموعات صغيرة مبعثرة بين خلايا أخرى . وهى تكون عادة أشرطة أو صحائف من الأنسجة تمتد طوليا لمسافات كبيرة . وتعزى أهمية الألياف كنسيج تقوية الى انتظامها فىهذه الكتل الطويلة،والى تراكبالخلايا وتشابكها . وبالاضافة الى ذلك فان الألياف تكسب الأنسجة متانة بصفة عامة .

وتنشأ الألياف بطريقتين . ففى تلك التى تبلغ ملليمترات قليلة فى الطول — كألياف قنب مانيلا[١] ، وجنسى أجاف[٢] والدنق[٣] — تكون كل أجزاء الخلية دائما فى مرحلة واحدة من النمو فى نفس الوقت . وكما يحدث فى معظم الخلايا ، يترسب الجدار الثانوى فى جميع أجزاء الخلية فى وقت واحد عندما تبلغ حجمها الكامل . أما فى الألياف الأكثر طولا . مثل ألياف الكتان والقنب ، فان الخلية تستطيل قميا ، مسايرة الخلايا المحيطة فى نموها ، ويتكون الجدار الثانوى فى جزء من الخلية ، والقمة لا زالت مستمرة فى نموها .

ويطلق لفظ « ليفة » ، بصورة عامة ، على كثير من التراكيب النباتية ، التى لا تعد من الوجهة الشكلية أليافا : كشعيرات القطن ، وأشرطة أليـاف القشرة أو اللحاء (الكتان والقنب) ، والحزم الوعائية الورقيــة بأغلفتها أو قلنسواتها الاسكلرنشيمية ، أو القلنسوات وحــدها (قنب مانيلا ، وكتان نيوزيلاندا وسيسل[٤] ، وأشرطة الكولنشيمة (الكرفس)[٥] ، وخلايا الخشب عامة (لب الورق) ، وأجزاء من الورقة والأنسجة الخشبية (عقـاقير متنوعة) ، والقطع الصغيرة من أغلفة « البذور » (دقيق القمح) .

الاسكلريدات : الاسكلريدات ، على النقيض من الألياف ، متساوية الأقطار تقريبا . وبعض الاسكلريدات مستطيلة (شكل ٤٥ ب) ، والطرز الاسكلرنشيمية

(١) Manille hemp
(٢) Agave
(٣) Sansevieria
(٤) Sisal
(٥) celery

وبالأخص فى أغلفة البذور والثمار ، قد لا تنتمى نهائيا الى كلا النوعين . وتتفاوت الاسكلريدات كثيرا فى شكلها ، وتغلظ جدرها ، وشكل النقر وعددها ، وصلتها بالخلايا المحيطة ، ويطلق على هذه الطرز أسماء مختلفة . وفى بعض الأحيان يطلق على خلايا هذا النوع اصطلاح غير دقيق هو « خلايا اسكلرونية » ، وبخاصة اذا وجدت فى الأنسجة الرخوة ، وكثيرا ما يستعمل اصطلاح « الخلايا الحجرية » كمرادف للاسكلريدات ، الا أنه يحسن أن يكون استخدامه مقصورا على الاسكلريدات غير المتفرعة ، سواء كانت غير منتظمة الشكل أو متطرفة فى شكلها . ومشابهة هذه الخلايا للأحجار فى الشكل ، يعطيها وصفا دقيقا فى كثير من الأحيان. وقد تكون الخلايا الحجرية منفردة ، أو قد توجد متجاورة مع بقائها مفككة ، أو قد تلتصق بعضها ببعض التصاقا وثيقا بل وتتداخل عندما تكون زاوية . وفى بعض الأحيان يطلق على الخلايا الحجرية فى الثمار اللحمية خلايا حصوية ، وليست الأجزاء الصلبة فى لحم الكمثرى والسفرجل الا تجمعات من الخلايا الحجرية (شكل ٤٥ د) .

ويطلق على الخلايا الحجرية أيضا « اسكلريدات قصيرة » . وتتميز الاسكلريدات الأكثر تطرفا فى الشكل الى : اسكلريدات كبيرة (خلايا عصوية) وهى عمودية الشكل تقريبا . تكون « الطبقة العمادية » فى كثير من البذور والثمار كما توجد فى بعض الأوراق الجفافية وقشرة السوق ، واسكلريدات عظمية (خلايا عظمية) وهى عظمية أو برميلية الشكل تكون الطبقات التحت البشرية فى كثير من البذور والثمار وتكثر فى الأوراق الجفافية ، واسكلريدات نجمية (خلايا نجمية) وهى ذات فصوص وأفرع كثيرة وتوجد فى أوراق الأعضاء الجفافية وسيقانها ، واسكلريدات شعرية (داخلية الشعر) وهى اسكلريدات متفرعة لها فصوص بارزة ، كالشعر ، فى المسافات البينية فى أوراق النباتات المائية وسيقانها . والطرازان الأخيران متشابهان تركيبيا الى درجة كبيرة . وتقسيم الاسكلريدات على أساس الشكل والتركيب قليل الأهمية . والصفة الخاصة بتفرع تجاويف النقر أو عدم تفرعها والتى تستخدم جزئيا فى تمييز طرز الاسكلريدات تعتمد الى حد كبير على غلظ الجدار الخلوى . وقد توجد الاسكلريدات فى أى مكان من جسم النبات ، الا أنها تكثر فى القشرة واللحاء وفى الثمار والبذور . وهى ، مثل الألياف ، اما أن توجد منفردة . أو فى

كتل كبيرة . وتتكون الأجزاء الصلدة من البذور ، وثمار البندقة ، والثمار الصلدة الى درجة كبيرة من الطرز المختلفة للخلايا الحجرية مبعثرة ، فانها تكسب العضو متانة فقط كما فى الأوراق ولحم الثمار . وعندما توجد على هيئة كتل ، فانها تكسب العضو صلادة ووفاية ميكانيكية ، كما فى أنواع كثيرة من القلف وفى أغلفة ثمار البندقة .

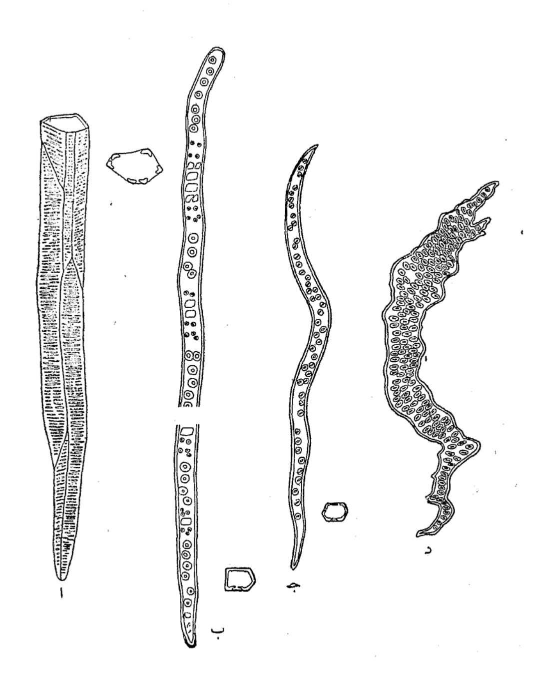
وجدر الاسكلريدات ، غليظة جدا شديدة التلجنن ، وأحيانا تتسوبر أو تتكوتن . والنقر صغيرة جدا ، فتحاتها دائرية ، وتتخذ تجاويفها شكل قنوات متفرعة تقريبا ، وذلك لأنه كلما صغرت مساحة الجدار الخلوى من الداخل بازدياد الغلظ ، اتحدث النقر بعضها مع بعض (شكل ٤٥ ا ، جـ) ، فتتحد نقرتان أو نقر عدة لتكون تركيبا واحدا له فتحة واحدة فى كل خلية ولكنه ذو أذرع مساوية لعدد النقر الأصلية . والاسكلريدات خلايا ميتة فى العادة ، وقد توجد بها بقايا متقلصة من البروتوبلاست ومحتوياته كالتانين والمواد المخاطية .

الأنسجة المعقدة الهامة

ان الوضوح التركيبى والوظيفى للجهاز الوعائى يجعل من أنسجته طرزا نسيجية على جانب كبير من الأهمية . والأنسجة الوعائية هى فى الحقيقة الأنسجة المعقدة الوحيدة التى تتطلب دراسة قائمة بذاتها . أما جميع الأنسجة الأخرى فيمكن اعتبارها تجمعات من البرنشيمة والاسكلرنشيمة أو من تحورات من هذه الأنسجة . وستكون الدراسة التالية للأنسجة الوعائية ذات طبيعة عامة فقط ، اذ أن وصف الخشب واللحاء كأنسجة ابتدائية وثانوية ، وبالأخص فى الصورة التى يوجدان عليها فى مختلف الأعضاء النباتية سيأتى فى فصول أخرى ، وفى الفصل السادس دراسة جزئية لنشأة الخشب واللحاء .

الخشب

القصيبة : القصيبة هى الطراز الخلوى الأساسى فى الخشب . والقصيبة خلية مستطيلة مذببة الأطراف (شكل ٤٦) ، ميتة عند البلوغ ، أى لا تحتوى على بروتوبلاست .



(شكل ٤٦)

القصيبات (ا) من وودواردبا فيرجينيكا ويظهر سدس الخلية (ب) ، من أحد أنواع جنس الصنوبر ، ويظهر ثلث الخلية ، (ج ، د) من نبات البلوط الابيض (ج) قصيبة عادية (د) قصيبة منبسطة مشوهة من الخشب الربيعى . (القصيبات مرسومة بمقياس رسم واحد وهو نفس المقياس الخاص بالألياف والأوعية)

والجدر صلدة ولكنها غير غليظة ، وهى ملجننة عادة . والقصيبة فى القطاع العرضى زاوية فى العادة ، ومع ذلك توجد صور مستديرة تقريبا . وقصيبات الخشب الثانوى ، بالنظر لطريقة ترتيبها ، تكون قليلة الجوانب بالنسبة لقصيبات الخشب الابتدائى ، وغالبا ما تكون زاوية بصورة أكثر حدة . وأطراف القصيبات لا تستدق نحو القمة باتنظام فى جميع المستويات ، بل يكاد يكون ذلك مقصورا على المستوى القطرى وغالبا فى اتجاه جانب واحد فقط من الخلية . وقصيبة الخشب الثانوى ذات طرف أزميلى الشكل تقريبا . ويشاهد استدقاق الطرف فى القطاعات المماسية للقصيبة ، أما القطاعات القطرية فلا يظهر ذلك فيها ، بل يبدو طرف الخلية فى هذه القطاعات قائم الزوايا أو مستديرا الى درجة ما . والنقر موجودة بكثرة ، وهى من النوع المضوف ، وان تباينت فى الحجم والشكل الخارجى وفى توزيعها على الجدر . وتجويف القصيبة كبير وخال من أى نوع من المحتويات . والقصيبة على ما يبدو مهيأة من الوجهة التركيبية للقيام بوظائفها ، وهى توصيل الماء بالدرجة الأولى ، والتدعيم بالدرجة الثانية . وهى أنبوبة طويلة ، فارغة ، متينة الجدر ، تمتد فى اتجاه مواز للمحور الطولى للعضو ، وتتصل بما يلاصقها من قصيبات — وكذلك بالطرز الأخرى من الخلايا الحية وغير الحية — عن طريق نقر عديدة حسنة التكوين . هذه المساحات الرقيقة تسمح فى يسر بالانتشار بين الخلايا المتاخمة . ويكون انتظام القصيبات دائما بحيث تتراكب الخلايا المتلاصقة ، على الأقل فى الأجزاء المستدقة ، وفى هذه المناطق من الجدار يكثر وجود النقر عادة . وعلى ذلك تتهيأ مجار للانتقال فى الاتجاه الطولى ، خلال سلسلة من التجاويف ، التى تكون خطا مستقيما على وجه التقريب ، أو جهازا متشابكا .

اتصال الجدر فى القصيبة : تنفصل تجاويف القصيبات بعضها عن بعض بجدر غليظة وعند النقر يتم الانفصال بالأغشية الغالقة . والأغشية الغالقة — فيما عدا الجزء المركزى المعروف بالتخت — رقيقة جدا ، وفى بعض الصنوبريات على الأقل تكون مثقبة . وفى جنسى لاركس[1] وسكويا[2] ، على سبيل المثال ، تكون الثقوب — على الرغم من دقتها — كثيرة العدد ، لدرجة أن التخت النقرى يكون معلقا بشبكة من الخيوط (شكل ٢٥ ا) . والفتحات الموجودة فى أغشية النقر

(١) Larix
(٢) Sequoia

المثقبة ، لا يمكن رؤيتها ، الا اذا صبغ الغشاء جيدا ، غير أنه يمكن اثبات وجودها بمرور دقائق صلبة ، كدقائق الكربون فى الحبر الصينى ، تحت ضغط من قصيبة الى أخرى خلال النقر .

النقر فى جدر القصيبات : تتوقف مواضع النقر فى جدار القصيبة ، وكذلك حجم هذه النقر وشكلها على موضع الخلايا الملاصـــقة وطبيعتها . ففى مختلف المجموعات النباتية الكبيرة توجد طرز ثابتة تقريبا من النقر المضفوفة . التى تتمايز بأشكالها وتخوتها وأقطار ضفافها . وفى السراخس[1] والحرازيات الصولجانية[2] توجد نقر مستطيلة فى الاتجاه العرضى ، ضفافها ضيقة وتخوتها صغيرة أو غير موجودة . وتتقارب النقر الى درجة كبيرة . وتغطى الجدار مكسبة اياه شكلا يشبه السلم (شكل ٤٦ ا) ومن ثم يطلق على الخلايا قصيبات سلمية ، ومن الأفضل تسميتها بالقصيبات السلمية المنقرة . والاصطلاح السابق غير مرغوب فيه فى هذا المجال ، اذ أنه يستعمل أيضا بمعانى أخرى وحيث لا توجد نقر محدودة (الخشب الأول) . وفى بعض كاسيات البذور ومعظم عاريات البذور تكون النقر مستديرة غالبا وضفافها عريضة (شكل ٦٤ ب ، ج) ، على أن نقر كاسيات البذور تكون أصغر بكثير فى أغلب الأحيان . وأحسن ما يكون التخت تكوينا فى عاريات البـــذور حيث يحتمل أن تبلغ النقرة المضفوفة أقصى درجات تطورها ونموها (شكلا ٢٤ و ٢٥) . وتتكون الأغشية الغالقة فى هذه النقر بطريقة تسمح لهـــا بتغيير مكانها بسهولة فى فراغ النقرة من وضع وسطى الى آخر جانبى يلاصق التخت فيه فتحة النقرة باحكام (شكلا ٢٢ ج و ٢٥ ب ، ج) . وبذلك ينشأ نظام صمامى محكم ، فعندما يكون التخت فى وضع وسطى تكون النقرة مفتوحة تماما ، ومن ثم يتم الانتشار — أو المرور المباشر فى حالة الأغشية الغالقة المثقبة — حول التخت عبر الجزء الخارجى من الغشاء الغالق . وعندما تنغلق احدى فوهتى النقرة بانتقال التخت قبالتها ، يتوقف الانتقال المباشر كلية أو الى درجة كبيرة ، ولا بد أن يتخذ الانتشار طريقه خلال التخت الغليظ الكثيف .

من الواضح اذن ، أن التغير فى موضع الأغشية الغالقة للنقر المضفوفة ، قد يخلق نوعا من الرقابة على مرور السوائل خلال الخشب . ومن الجدير بالاهتمام ،

---

(١) Ferns

(٢) Club mosses

أن نوع النقر الذى توجد فيه هذه الرقابة على مرور السوائل تختص به الخلايا الموصلة للماء ولا يوجد فى مكان سواها ، وأنه فى النقر المختزلة من الوجهة التركيبية التى توجد فى القصيبات الليفية والألياف تفقد أغشية النقر قدرتها على الحركة . ويحتوى الفصلان الثانى والسابع على دراسة مفصلة للنقرة المضفوفة . أما النقر البسيطة فلا يوجد بها أى تعقيد تركيبى .

وظيفة القصيبة : القصيبة مهيأة من الوجهة التركيبية — بالنسبة لكل من التجويف والجدار — للقيام بوظيفة التوصيل . وتساهم الجدر الغليظة المتينة للقصيبات أيضا فى التدعيم ، وحيث لا توجد ألياف أو خلايا تدعيمية أخرى ، فان القصيبات تؤدى دورا هاما فى تدعيم العضو النباتى . ولذلك فان تراكب الخلايا وتشابكها ، واتحادها فى أشرطة أو أسطوانات يكون له نفس الأهمية كالجدر الغليظة .

ومن المعتقد أن القصيبات كانت وحدها تكون الخشب فى النباتات القديمة جدا . أما الخشب فى النباتات الحية فنسيج معقد ، يحتوى على أشعة خشبية برنشيماتية ، حتى فى أبسط صور الخشب الثانوى ، كما يحتوى الخشب الابتدائى (كوحدة نسيجية شكلية) على الخلايا البرنشيمية دائما . وقد تضم الطرز الأكثر تعقيدا من الخشب أنواعا عديدة من الخلايا هى : القصيبات ، وطراز أو أكثر من الألياف ، وطرازا أو طرازين من الأوعية ، وخلايا برنشيمية (تعرف بالبرنشيمة الخشبية) ، وبرنشيمة الأشعة الخشبية . وسنعود لدراسة تركيب الخشب فى الفصل السابع .

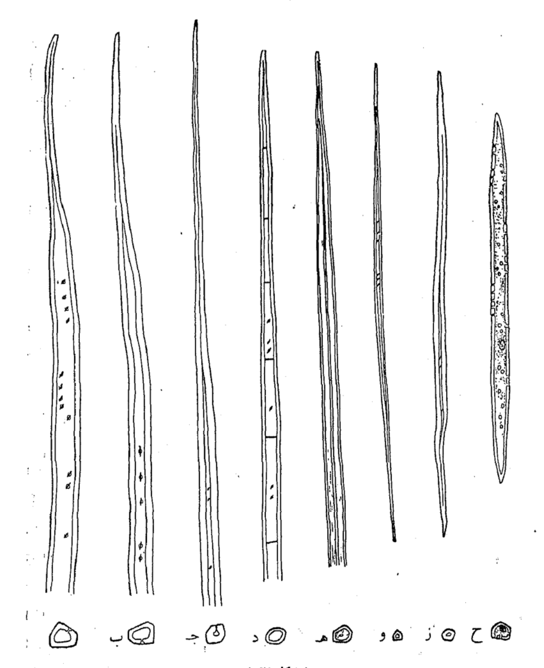
ومن الجلى أن القصيبة تعمل كخلية موصلة وكخلية تدعيمية . الا أن تطور الخشب الارتقائى ، قد أدى الى تخصص هذا النسيج ، الذى كان فى وقت ما بسيطا ، بحيث أن وظائفه الأصلية قد توزعت على الطرز الخلوية المختلفة — فاختصت بالتدعيم الألياف بأنواعها المختلفة ، كما أن التوصيل تقوم به الأوعية بصورة أكثر كفاءة . أما الوظيفة الجديدة المكتسبة ، وهى ادخار الغذاء ، فتختص بها البرنشيمة الخشبية . وتسهم برنشيمة الأشعة الخشبية أيضا فى ادخار الغذاء ، وان كانت الوظيفة الرئيسية للشعاع هى التوصيل الجانبى . والخشب المعقد ، الذى تتوزع فيه وظيفتا التدعيم والتوصيل على الألياف والأوعية على

التوالى ، لا يكون محتويا فى العادة على قصيبات . وتوجد هذه الطرز الثلاثة من الخلايا جميعها فى خشب جنس البلوط وبعض الأجناس الأخرى .

الألياف والقصيبات الليفية : فى التطور السلفى لليفة ، يكون غلظ الجدار قد ازداد ، ويقل تبعا لذلك قطر التجويف ، ويتناقص فى معظم الأنواع طول الخلية . وعلى الأخص طرفها المستدق ، كما يختزل عدد النقر وحجمها . (اختزال النقرة فى الحجم مشروح بالتفصيل فى الفصل الثانى) . وحيثما يصل الاختزال الى مرحلة يصبح عندها تجويف الخلية من الضيق غالبا ما يكون مسدودا تقريبا — والنقر من الصغر بحيث لا يتم عن طريقها غير توصيل قليل أو معدوم ، فان أليافا مثالية تكون قد تكونت . وتوجد بين هذه الخلايا والقصيبات العادية كل المراتب الانتقالية . هذه المراتب الوسطية ، التى لا يمكن أن يطلق عليها قصيبات أو ألياف مثالية ، تعرف بالقصيبات الليفية . والنقر فى القصيبات تشبه فى الحجم والنوع النقر الموجودة فى أوعية نفس النسيج ، أما فى القصيبات الليفية ، فالنقر أصغر منها فى الأوعية ، وتكون ضفافها مختزلة أو أثرية ، وفوهاتها الداخلية ضيقة وممتدة داخل حدود الحجرة النقرية . ولا يمكن ، بالطبع ، رسم حد فاصل بين القصيبات والقصيبات الليفية أو بين الأخيرة والألياف . وينتج عن التخصص المتطرف نوع من الألياف ذو جدر غليظة جدا ، ونقر مختزلة الى الحد الذى تصبح به بسيطة ، (شكل ٤٧ جـ ، و ، ز) . ويطلق على هذه الألياف « ألياف الخشب المستدقة » . وذلك لمشابهتها لألياف اللحاء . وتكثر ألياف الخشب المستدقة فى النباتات الخشبية من ذوات الفلقتين ، ولا سيما الفصائل الأكثر تخصصا ، كالفصيلة القرنية[١]. وتوجد طبقات جيلاتينية فى جدر القصيبات الليفية وألياف أجناس كثيرة من الفصائل المختلفة ، كما توجد أحيانا فى القصيبات . ويطلق على الخلايا التى تحتوى على هذه الطبقات قصيبات أو قصيبات ليفية أو ألياف جيلاتينية . والتى يطلق عليها « ليفة الخشب المعوضة » (شكل ٤٧ ح) ليست ليفة ولكنها خلية برنشيمية ذات شكل ليفى ، وسيأتى شرحها فى سياق الكلام على البرنشيمة الخشبية .

وفى بعض القصيبات الليفية يستمر بقاء البروتوبلاست ، بعد نضج الجدار الثانوى للخلية ، وقد ينقسم الجدار الأصلى الى جزأين أو أكثر ، تفصلها حواجز

(١) Leguminosae



(شكل ٤٧)

الباف الخشب والقصيبات الليفية (ا) قصيبة ليفية مثالية ، من نبات التفاح ، يظهر منهـا ثلثاها (ب) قصيبة ليفية مثالية ، من أحد أنواع جنس ليريودندرون(١) ، ويظهر منها ثلثاها (جـ) ليفة مستدقة ، من البلوط الابيض ، ويظهر منها ربعها ، (د) قصيبة ليفية مجزأة ، من أحد أنواع جنس سويتنيا(٢) ، ويظهر منها نصفها (هـ) ليفة جيلاتنية من نبات البلوط الاحمر(٣)، ويظهر منهـا النصف تقريبا (و) ليفة مستدقة ، من أحد أنواع جنس كاريا(٤)، (ز) ليفة مستدقة ، من نوع من جنس جواياكم(٥)، (حـ) خلية خشب برنشيمية مغزلية (تعرف أحيانا بالليفة المعوضة) من الحلقة السنوية الاولى لنوع من جنس سسفراس(٦) (تشبه الليفة فقط فى الشكل وفى نشأتهـا المباشرة من المشتقة الكمبيومية ، ولا توجد فيها التقسيمات العادية فى البرنشيمة الخشبية)

---

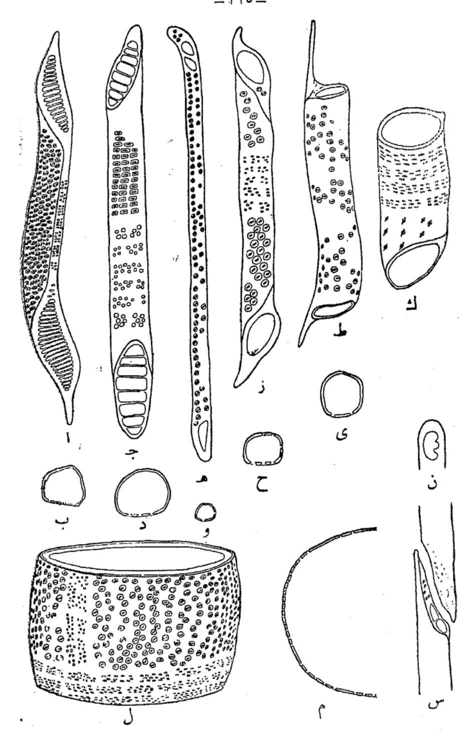
(١) Lirodendron Tulipifera
(٢) Swietenia Mahagani
(٣) Quercus rubra
(٤) Carya ouata
(٥) Guaiacum sanctum
(٦) Sassafras variifolium

عرضية رقيقة . هذه القصيبات الليفية تعرف بالقصيبات الليفية المجزأة (شكل ٤٧ د) . وهى ليست فى الحقيقة خلايا فردية بل صفوفا من الخلايا ، أما الحواجز العرضية فجدر حقيقية ، ويوجد فى كل حجرة بروتوبلاست به نواة . واذا حدث الانقسام فى مجموعة من القصيبات الليفية ، قد يكون شاملا لكل الخلايا أو لبعضها فقط . وقد يستمر بقاء البروتوبلاست بعض الوقت فى هذه الخلايا،سواء انقسمت أم لم تنقسم . والحواجز جدر حقيقية ، تتكون بعد الانقسام الخلوى ، الا أنها تفتقر الى طبقات ثانوية . ويمكن بسهولة تميز الليفة المجزأة من صف من خلايا البرنشيمة الخشبية لعدم وجود الجدر الثانوية على الحواجز ، ولعجز الحاجز عن الامتداد الى ما بعد سطح الجدر فى الخلية الوالدة ، على طول خط التحامه معه . وبالاضافة الى ذلك ، فان الحواجز تبقى دون أن تتلجنن . وتوجد القصيبات الليفية المجزأة فى كثير من النباتات . وعلى الأخص فى الشجيرات والأعشاب الكثيرة التخشب ، وفى الكروم وفى الأشجار الاستوائية .

الأوعية : فى النشوء التطورى للقصيبة ، يتزايد قطر الخلية ويصبح الجدار مثقبا بفتحات كبيرة . هذه التخصصات تسمح بالانتقال المباشر للماء من خلية الى أخرى . وفى الأنواع الأكثر بدائية من العناصر الوعائية ، يظل الشكل العام للقصيبة محفوظا ، ولا يكون الازدياد فى القطر كبيرا ، أما فى الطرز الأكثر تقدما فالزيادة فى القطر كبيرة ، ومن ثم تصبح الخلية برميلية الشكل (شكل ٤٨ ل .) والقصيبة أطول من خلية الكمبيوم التى نشأت منها ، أما الوعاء البدائى فأطول قليلا ، على حين يحتفظ الطراز الأكثر تقدما بطول الخلية الكمبيومية أو يكون أقصر منها قليلا ، ويزيد القطر فى هذه الحالة على الطول . ويتغير شكل الأطراف الخلوية فى الأنواع المتعاقبة من أقل درجات التخصص الى أعلاها ، فتزداد الزاوية التى يصنعها الجدار الطرفى المستدق تدريجيا ، الى أن يصبح هذا الجدار عموديا على الجدر الجانبية (شكل ٤٨ ل) . وفى بعض الأشكال الوسطية تكون القمة على شكل ذنب يعلو الجدار الطرفى ، وعند الاستطالة يتداخل جزء من طرف الخلية بين الخلايا المتاخمة (شكل ٤٨ ا ، ز ، ط) . وتبقى ثخانة الجدار كما هى تقريبا فى القصيبة أو أقل ، ومع ذلك يكثر وجود أوعية ذات جدر غليظة جدا ، كما فى أجناس كاريا[١] ، والمران[٢] ، وديوسبروس[٣] والنقر عادة أكثر عددا

---

(١) Carya (٢) Fraxinus (٣) Diospyros



(شكل ٤٨)

عناصر الخشب فى المنظر الجانبى والقطاع العرضى (ا ، ب) من نبات التامول الابيض(١) ، (ج ، د) من جنس ليربودندرون (هـ ، و) من أحـــد أنواع جنس لوبيليه (٢) ، (ز ، ح) من نبات البــلوط الأبيض (ط ، ى) من نبات التفاح ، (ك) من نوع من جنس الاسفندان(٣) ، (ل ، م) من نبـات البلوط الابيض ، ن ، طرف عنصر وعائى من جنس لوبيلية يظهر فيه التثقيب الذى يدل على اشتقاق عنصر مسامى من عنصر سلمى (س) أطراف عناصر وعائية من جنس لوبيلية ، توضح طريقة اتحاد العنـــاصر فى صـــفوف

(١) Betula alba　　(٢) Lobelia cardinalis　　(٣) Acer negundo

وأصغر حجما منها فى القصيبات ، وقد تغطى الجدار تقريبا . وعندما تكون النقر كثيرة فانها تتوزع طبقا لنموذج محدد . وبديهى أن توزيع النقر يعتمد بالدرجة الأولى على طبيعة الخلايا الملاصقة ووضعها . فمثلا ، اذا جاوز الوعاء وعاء آخر ، فان الجدار يكون كثير النقر فى ذلك الجزء من سطحه الملامس للوعاء الآخر ، على أن عددا قليلا من النقر ، أو لا شىء منها على الاطلاق ، يوجد فى المنطقة المواجهة لليفة . وبالمثل فان النقر المزدوجة بين وعاء وقصيبات ، أو بينه وبين خلايا البرنشيمة الخشبية أو خلايا الأشعة الخشبية تعتمد بالنسبة لموضعها وعددها ونوعها على نوع التنقير العادى فى هذه الخلايا .

« الوعاء » : لما كانت ثقوب الخلية تحدث عادة فى الجدر الطرفية ، فان نشوء هذه الجدر فى اتجاه مستعرض على المحور الطولى للخلية ، من شأنه أن يكون من صف من الخلايا جهازا أنبوبيا محددا ، يسمح بالمرور خلاله فى خط مستقيم تقريبا . هذه الحالة هى على النقيض من خطوط التوصيل غير المباشرة فى مجموعة من القصيبات . وقد أطلق على مثل هذا الصف من الخلايا ، ذات الشكل الأنبوبى لفظ « وعاء » أو « قصبة » .

ويستخدم كل من المصطلحين - لسوء الحظ - فى دلالتين : ففى أولاهما يدلان على صف أو جهاز من الخلايا ، وفى الأخرى الخلايا الفردية المثقبة الجدر التى تستخدم فى التوصيل المباشر للماء . وللدلالة الأولى فضل السبق ، وطول الاستعمال ومن ثم يجب أن تستمر . ويطلق على الوحدات الخلوية المكونة لمثل هذا الصف من الخلايا عناصر وعائيـة أو أعضاء وعائيـة أو وحدات وعائيـة . (أما المصطلح « قطع وعائية » الذى كثيرا ما كان يستعمل فليس ملائما ، ويجب أن يستبعد ، نظرا لما يوحيه من أن صف الخلايا عبارة عن وحدة تجزأت لتكون خلايا) . على أنه فى كل ظروف توجـد بعض الصعوبات فى استعمال هـذه المصطلحات . ففى النباتات التى تكون خلاياها الموصلة للماء شبيهة بالقصيبات فى الشكل ، ينشأ عن اتحاد الخلايا جهاز شبكى ، ولا يكون للأوعية ذات الطرز الأنبوبى وجود . وفى مثل هذه الحالة يمكن أن يستعمل المصطلحان « عنصر وعائى » أو « عضو وعائى » للدلالة على الخلايا الفردية . وتوجد الأوعية فى صورة صفوف متصلة من خلايا ملتحمة مثقبة - على الرغم من أن الأنابيب الفردية لا يمكن تمييزها .

أنواع الثقوب الوعائية : تعرف الفتحات الموجودة فى جدر العناصر الوعائية بالثقوب ، وهى مقصورة على الجدر الطرفية ، فيما عدا أنواع معينة ضيقة مستدقة الطرف ، حيث لا يمكن تمييز جدر طرفية محددة . وفى مثل هذه الحالة تعتبر الثقوب موجودة على الجدر الجانبية (شكل ٤٨ ا ، ه) . ومعظم العناصر الوعائية مثقبة فى منطقتين ، عند كل طرف منطقة ، الا أن بعض العناصر الوعائية قد تحوى ثلاثا وربما أربعا من هذه المناطق . وفى هذه الحالة الأخيرة ، تحدث اتصالات مع عناصر أخرى أو مع فروع جهاز شبكى من العناصر الوعائية . ويطلق على المنطقة المحددة من الجدار حيث يحدث التثقيب لفظ صفيحة التثقيب وهى الجدار الطرفى فى العادة . ويعرف جزء الصفيحة المتبقى بعد التثقيب بحافة التثقيب ، أما شرائط الجدار الخلوى الواقعة بين الثقوب السلمية فتسمى عوارض التثقيب .

وتوصف صفائح التثقب بأنها بسيطة ، اذا كانت تحتوى على ثقب واحد فقط ، ومتضاعفة اذا احتوت على ثقبين أو أكثر . وتتجمع الثقوب المتضاعفة فى نظام سلمى عندما تكون مستطيلة ومتوازية ، وفى نظام شبكى اذا انتظمت الفتحات فى تركيب يشبه الشبكة . والطرز الشائعة هى البسيطة والسلمية ، أما الطراز الشبكى فلا يوجد بكثرة وليس من السهل تمييزه من السلمى . وتحتوى العناصر الوعائية الصغيرة أحيانا على نوع واحد من الثقوب فى أحد طرفيها ، وعلى نوع آخر فى الطرف الثانى . والثقوب البسيطة تكون مستديرة عادة ، ولكنها فى العناصر الضيقة تتدرج فى الشكل الى بيضية ضيقة . وفى الأوعية الحلقية والحلزونية يتخذ التثقب أحد النوعين ، وان كان النوع البسيط هو الأكثر شيوعا . ويمكن القول بوجه عام أن الجدر الطرفية العرضية بسيطة الثقوب ، أما المائلة فسلمية الفتحات ، ومع ذلك فهنالك شواذ كثيرة . ويعتبر النوع السلمى بدائيا من حيث نشوئه السلفى ، وتوجد بينه وبين النوع البسيط صور انتقالية كثيرة .

والأوعية من خصائص كاسيات البذور ، ولا يفتقر اليها القليل منها ، مثل فصائل تتراسنتراسية [١] وتروكودندروسية [٢] ، وونتراسية [٣] (وهى فصائل

---

(١) Tetracentraceae (٢) Trochodendraceae (٣) Winteraceae

تكون الأوعية قد فقدت فى أثناء اختزالها . وفى كثير من ذوات الفلقة الواحدة لا توجد الأوعية فى السوق والأوراق ، وفى بعضها الآخر يكون غيابها مقصوراً على السوق أو الأوراق . وتوجد الأوعية فى بعض أنواع جنس الرصن [١] وفى السراخس توجد فى نوعين من جنس سرخس (بتريديوم) [٢] ، وفى الرتبة العلديات [٣] من بين عاريات البذور . ومن الواضح أن الوعاء فى كل من هذه المجموعات قد نشأ مستقلا ، ومن المحتمل أن يكون ذلك لأكثر من مرة فى كاسيات البذور .

طول الوعاء واتساعه : تمتد الأوعية الى مسافات تختلف على حسب نوع النبات ، ونوع الخشب ، ونوع العنصر الوعائى ، وموقع الوعاء فى العضو ، وكذلك معدل نمو العضو النباتى . وليس من السهل تقدير ابعاد وعاء منفرد . ففى النباتات المتسلقة وفى الأشجار ذوات الخشب الحلقى المسام والعناصر البسيطة الثقوب ، قد توجد أوعية كثيرة يصل طولها الى عدة أمتار . الا أن الأوعية غالبا ما تقل عن المتر وكثيرا ما تبلغ بضعة سنتيمترات فقط فى الطول ، ويزداد طول الأوعية فى شجرة مفردة تدريجيا من الداخل ، بالقرب من النخاع الى الخارج . ومن المشكوك فيه الى حد بعيد ، أن تمتد الأوعية من قمة الجذر الى قمة الساق فى أى نبات . وحيث تتفرع العناصر وتتداخل ، لا يكون الطول محل بحث . وحتى حين يحدث التفرع فى المجموعات المستقيمة يصبح تقدير طول الوحدة غير مؤكد . والعناصر الطرفية لا تحوى غير ثقب واحد وتستدق عند النهاية المسدودة .

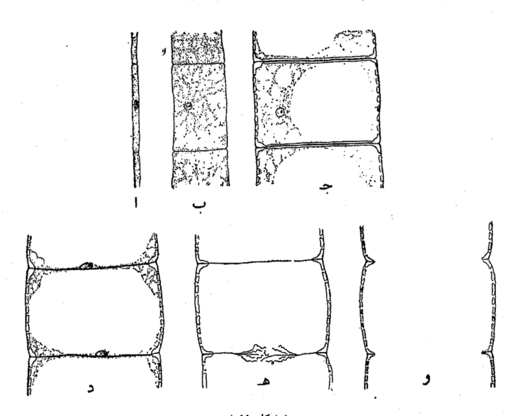
وعلى الرغم مما تتميز به الأوعية من اتساع ، فان الأنواع الضيقة قد تكون أضيق من القصيبات المثالية . ويتدرج اتساع الوعاء من هذا الحد حتى يصل الى أقصاه ، وحينئذ يفوق فى اتساعه المليمتر بقليل . وتوجد أوسع الأوعية بنوع خاص فى أعشاب معينة كالذرة ، وكثير من الكروم والمتسلقات الخشبية ، وبعض الأشجار كأجناس الكمستنا [٤] والبلوط [٥] والمران .

---

(١) Selaginella
(٢) Pteridium
(٣) Gnetales
(٤) Castanea
(٥) Quercus

النشوء التكوينى للوعاء : تتكون الأوعية من صفوف من الخلايا الوالدة للخشب — خلايا الكمبيوم الأولى أو مشتقات الكمبيوم — وذلك بالتحام أطراف الخلايا بعضها مع بعض فى الأدوار الأولى للنمو . ويتضمن هذا الالتحام فقدان الجدر الطرفية أو أجزاء منها ، بحيث تصبح تجاويف الخلايا متصلة تماما بعضها مع بعض ، ومكونة مع الجدر ، أنبوبة طويلة (شكلا ٤٩ ، ٥٠) .

وتأخذ العناصر الوعائية ، بعد المرحلة الانشائية ، فى الكبر بسرعة ، وتزداد فى الاتســاع زيادة كبيرة . والعناصر ذوات الثقوب السلمية والأنواع الأكثر استطالة البسيطة الثقوب ، قد تزداد فى الطول الى درجة ما ، وتكون الأطراف



(شكل ٤٩)

النشوء التكوينى لعنصر وعائى فى أحد أنواع جنس روبينيا[١] (ا) البداءة الكمبيومية (ب) الخلية مبكرة كثيرا (جـ) الخلية وقد ازدادت تكبيرا ، وفيها الجدار الثانوى جيـــد التكوين ، باستثناء المساحات المثقبة حيث يكون الجدار الابتدائى مغلظا ، والنقر موجودة (د) السيتوبلازم محصور فى وضع محيط ، والنواة قريبة من الجدار بحيث يحدث الذوبان ، والجدار الثانوى بعيد عن مناطق الثقوب (هـ) السيتوبلازم مفقود ، والجدر الطرفية الرقيقة جدا متحللة (و) الخلية الناضجة المثقبــة ، الخــاوية

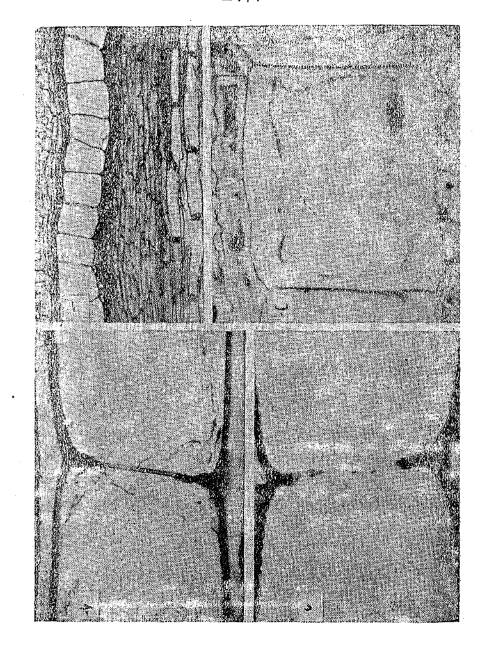
(١) Rubinia pseudo acacia

أذنابا تتداخل بين الخلايا المحيطة . أما العنــاصر التى تزداد فى القطر كثيرا ، وبخاصة تلك التى تنشأ من بدايات كمبيومية مصفوفة ، فلا تستطيل بل قد تصبح أقصر قليلا .

وفى أثناء النمو السريع فى الحجم الخلوى ، يبقى الجدار الابتدائى — على الرغم من عظم وسرعة ازدياده فى المساحة — ثابت الغلظ ، فيما عدا المساحات التى تتلاشى فيما بعد عند تكوين الثقوب . وتصبح هذه المساحات أكثر غلظا ومحددة الحافة (شكلا ٤٩ ج ، ٥٠ ب) ، وتبدو فى القطاع العرضى عدسية الشكل (فى كثير من الأعشاب) أو تشبه الصفيحة (فى كثير من النباتات الخشبية) وكثيرا ما ترى متكونة من ثلاث طبقات هى الجداران الابتدائيان للخليتين المتلاصقتين ، والصفيحة الوسطى . وتتكون الجدر الابتدائية أساسا من السليلوز مع بعض المواد البكتية ، أما الصفيحة الوسطى فبكتية التركيب الى حد كبير . ولقــد رصدت مراحل ذات تعدد نووى فى أثناء تكوين العناصر الوعائية الابتدائية ، هذا على الرغم من أن جميع أنواع العناصر الوعائية ، تتميز بالحالة الأحادية للنواة .

ويبقى السيتوبلازم كثيفا ونشيطا ، طوال فترة زيادة الخلية فى الحجم ، ويبدأ فى التحلل البطىء عند البلوغ . وفى بعض النباتات الخشبية تصبح النواة صغيرة ، ومفلطحة الى درجة كبيرة ، ومطمورة فى قدر ضئيل من السيتوبلازم قبالة الجدار حيث التثقب وشيك الحدوث (شكل ٤٩ د) ، وفى نباتات أخرى تتخذ النواة وضعا مركزيا تقريبا فى الخلية .

وبعد أن يتم نضج الجدار الابتدائى — وفى بعض النباتات الخشبية يكون الجدار الثانوى قد تكون جزئيا وربما كليا — يبدأ تثقب الجدار الطرفى وفقدان البروتوبلاست . فيصبح الجدار فى منطقة الثقب رقيقا،وبينما يتحول السيتوبلازم تدريجيا الى أجزاء ، يتحلل الجدار أيضا فى هذه المنطقة ، اما فى جميع أجزائه فى آن واحد ، كما فى بعض النباتات ، واما أن يبدأ التحلل من المركز كما فى بعضها الآخر . ويبدأ اختفاء هذا الجزء من الجــدار فى بعض النباتات بعملية ترقيق ، تتم على الأرجح بالذوبان ، ثم يتبع ذلك تفككه الى عدد من الطبقات الرقيقة (شكل ٤٩ هـ) . أما ما يقال من أن هذه الجدر تتمزق فى أثناء المراحل المبكرة



(شكل ٥٠)

النشوء التكوينى للعناصر الوعائية (ا ، ب) فى جنس القرع[١] ، (ج ، د) فى جنس الذرة (ا) قطاع طولى فى جزء من الحزمة الوعائية ، يوضح الى اليسار ، صفا من العناصر الوعائية قريبا من النضج ، الجدر الطرفية فيه كاملة ، والى اليمين ، يبدو اللحاء محتويا على أنابيب غربالية ظاهرة . (ب) قطاع طولى لعنصر وعائى مكتمل الحجم تقريبا ، ويبدو فيه البروتوبلاست وصفيحة التثقيب (جزء من الجدر الطرفية الذى سيذوب) مغلظة . (المسافات البينية الموجودة بين الخلايا البرنشيمية فى أقصى اليسار قد تكونت نتيجة تمزق هذه الخلايا بعضها من بعض فى أثناء تمدد العناصر الوعائية) (ج ، د) المراحل الاخيرة فى نضج العنصر الوعائى ، وتظهر فيها الجدر الجانبية وحافة التثقب وعليها الجدار الثانوى ، والجدار الابتدائى لصفيحة التثقب متحللا ، وبقايا البروتوبلاست ، وهى المكونات الوحيدة المتبقية .
(عن أيسو وهويت)

---

(١) Cucurbita

لتكوين الوعاء نتيجة الشـد الحادث من الازدياد السريع فى القطر ، وأن الجدر الممزقة تتقلص لتكون الحافة ، فمبنى على مشاهدات تنقصها الدقة .

ولا يتم النضج فى كل عناصر الوعاء فى آن واحد ، بل يتقدم من أحد الطرفين الى لآخر . وما يقال من أن بلوغ الوعاء دفعة واحدة من قاعدة جذع الشجرة الى قمتها ليس وليد دراسة دقيقة . فالكمبيوم الذى يكون صفوف بداءات العناصر الوعائية يسير هو نفسه فى نشاطه من منطقة الى أخرى فى اتجاهات مختلفة .

ويبدو أن سير عملية التثقب فى العناصر الوعائية قريبة الشبه جدا فى الخشبين الأول والتالى فى الأعشاب والخشب الثانوى فى الأشجار . أما فى غير هذه النباتات فلم يكن الموضوع ، على ما يبدو ، محل دراسة .

وتشبه حافة الثقب ، الى حد كبير ، بقية الجدار الخلوى . وهى تتفاوت فى اتساعها على حسب نوع الوعاء من حزام عريض الى حافة تبلغ من الضيق حدا يصعب معه تمييزها . وتتصف الحافة دائما بنفس صفات الجدر الجانبية ، فيكون لها نفس الغلظ والتلجنن ونفس الزوائد : النقر المزدوجة أو القضبان أو الحلزون . وفى الخلايا الحلقية ، توجد حلقة طرفية من الجدار الثانوى مكونة عند الطرف المتخصر للعنصر الوعائى حافة غير ظاهرة . وفى العناصر الضيقة ذات الحلزون الواسع اللفات ، قد تتكون الحافة من اللفة الطرفية للحلزون ، أما الخلايا ذوات الحلزون الملفوف لفا ضيقا ، فالحافة فيها تضم عادة لفتين من الحلزون أو أكثر يتخللهما الثقب . وأطراف الخلايا وحوافها غير الواضحة فى عناصر الأوعية الحلقية — وهى التى تكون عادة بالغة الطول نظرا للتمدد الزائد ، الذى تتعرض له هذه الخلايا الخشبية ، التى تكونت أولا ، يسهل الالتباس فيها ، وقد يؤخذ صف من الخلايا على أنه خلية واحدة .

وواضح أن الثقوب فى العناصر الوعائية ، تمثل نقرا مضفوفة مكبرة وملتحمة، تختفت منها الأغشية الغالقة . وتوجد كل المراحل الانتقالية بكثرة ، ففى كثير من الأحيـان يحتـوى جدار طرفى مفـرد على نقر مضفوفة عادية ، وعلى نقر مماثلة لا أغشية لها ، ومجموعات شبه ملتحمة من اثنتين أو أكثر من الفتحات النقرية الشكل . هذا الالتحام ليس ، بالطبع ، تكوينيا فى نشأته بل سلفيا .

وفى العناصر الوعائية البسيطة الثقوب ، يشغل الثقب أكبر نسبة من الجدار مستعرضا ، وفى هذه الحالة يختزل الجدار الى حافة ضيقة ، وفى الحالات المتطرفة

يختفى الجدار تقريبا أو تماما . على أن حدود العناصر الوعائية ، يمكن دائما توضيحها بانقسام الجدار الجانبى ، وفى كثير من الأحيان أيضا ، بالانتفاخ الوسطى فى جدر الخلايا الفردية . وقد يوجد فى نوع أو جنس من النباتات طراز واحد فقط من الأوعية ، وقد يوجد كلا الطرازين فى نفس النسيج . وحيثما يوجد النوعان تكون الأوعية ذوات العناصر الأكبر بسيطة الثقوب عادة ، أما ذوات العناصر الأصغر فسلمية .

وتحتوى أوعية الخشب الثانوى فى كثير من النباتات على تغلظات حلزونية من الجدار الثانوى (شكل ١٧) . غير أن هذا التركيب لا تعرف له أهمية من الناحية الوظيفية .

البرنشيمة الخشبية : الخلايا البرنشيمية شائعة الوجود فى خشب معظم النباتات . وهى موجودة فى الخشب الثانوى على هيئة صفوف رأسية من الخلايا مستطيلة نوعا ما ، ومرتبة بحيث يلتقى الطرف بالطرف (شكل ٥١) ، وتعرف بالبرنشيمة الخشبية ، وعلى هيئة صفوف قطرية مستعرضة ، تكون بعض الأشعة الخشبية أو كلها ، وتعرف ببرنشيمة الأشعة الخشبية ، وتتفاوت البرنشيمة الخشبية من حيث كميتها فى الخشب الثانوى من لا شىء ، كما فى خشب بعض الصنوبريات مثل أجناس الصنوبر[١] وتكسوس[٢] واروكاريا [٣] الى نسبة ملموسة كما فى كثير من ذوات الفلقتين ، وقد تكون كل النسيج المرتب رأسيا كما فى بعض الأعشاب والأشجار الاسفنجية الخشب، والخشب الابتدائى فى كل النباتات، فيما عدا بعض ذوات التخصص العالى يحتوى على كمية كبيرة من البرنشيمة الخشبية، وخاصة فيما تكون أولا من أجزائه وتتألف برنشيمة النسيج كلية من خلايا مرتبة ترتيبا رأسيا . والخلايا البرنشيمية

ا ج هـ
ب د و

(شكل ٥١)
خلايا البرنشيمة الخشبية كما تبدو فى القطاع الطولى والعرضى (البروتوبلاست محذوف فى القطاع الطولى) (ا ، ب (من نبات البلوط الابيض (ج ، د) من نبات التفاح (هـ ، و) من نوع من جنس كاريا (مقياس الرسم فى هذا الشكل ضعف أشكال القصيبات والالياف والاوعية)

---
(١) Pinus (٢) Taxus
(٣) Araucaria

فى الخشب ، على النقيض من القصيبات والعناصر الوعائية ومعظم أنواع الألياف ، تبقى حية ما بقى النسيج الذى يحتوى عليها قائما بوظيفة التوصيل . وخلايا الخشب البرنشيمية قد تكون رقيقة الجدر أو غليظتها وفى الخشب الثانوى ، تكون غالبا ذات جدر غليظة ، شديدة التلجنن الى حد ما . ومن حيث الوظيفة ، تقوم البرنشيمة الخشبية بادخار الغذاء ، ومن المحتمل أن تكون مقترنة — بطريقة مباشرة أو غير مباشرة — بوظيفة التوصيل . أما تلك الخلايا البرنشيمية التى تكون الأشعة الخشبية فسيأتى ذكرها عند دراسة الخشب الثانوى .

وظيفة الخشب : لا شك أن الخشب فى جملته هو النسيج الموصل للماء والتركيب الدعامى الرئيسى فى النباتات الوعائية . بيد أن هناك وظائف ثانوية تؤديها البرنشيمة الخشبية وبرنشيمة الأشعة الخشبية ، مثل ادخار الغذاء (النشا والزيوت ومواد أخرى) ومواد من نوع البلورات والأصماغ والراتنج . ويتم توصيل الماء — دون شك — فى تجاويف القصيبات والأوعية ، كما يمكن أن يجرى على الجدر أيضا ، غير أن تفسير صعود العصارة ، خلال هذه الخلايا ، لم يستدل على رأى فيه بعد . فما يزال موضع جدل : هل العوامل الطبيعية هى وحدها المسئولة مباشرة ، أو أن فعاليات الخلايا الحية تشارك أيضا فى هذه المسئولية . ويؤيد الدليل النسيجى بشدة ارتباط الخلايا الحية بصعود الماء الى أعلى خلال القصيبات والأوعية . فكل خلية من الخلايا الموصلة للماء تكون على اتصال فى جزء من سطح جدارها بخلية أو أكثر من الخلايا الحية ، وفى منطقة الاتصال هذه توجد نقر كثيرة . وفى الخشب العالى التخصص ، حيث يتكون النسيج الى درجة كبيرة من القصيبات الليفية والألياف ، وحيث تكون الخلايا الموصلة للماء قليلة نسبيا ، يتغلف كل وعاء بخلايا برنشيمية ، ولا توجد خلايا برنشيمية بين الألياف غير الموصلة . وفى الخشب الذى لا يحوى برنشيمة خشبية ، تكون كل القصيبات كثيفة التنقير مع البرنشيمة الخشبية .

اللحاء

فى الخشب واللحاء ، يسلك التخصص مسالك تكاد تكون متشابهة ، فازدياد الكفاءة فى التراكيب الموصلة تنتج من ترتيب الخلايا فى صفوف طولية، تربط بين خلاياها علاقة فسيولوجية وثيقة . ففى الخشب يتحول صف من القصيبات

المتحدة تركيبيا ووظيفيا الى وعاء ، وفى اللحاء يكون صف من الخلايا المتحدة بطريقة مماثلة ، الأنبوبة الغربالية .

وكما أن القصيبة هى الطراز الخلوى الرئيسى فى الخشب من حيث التركيب والوظيفة ، فان العنصر الغربالى هو بالمثل الطراز الخلوى الأساسى فى اللحاء . ويوجد من هذه الخلية اللحائية الأساسية نوعان : نوع بسيط ، أكثر بدائية ، هو الخلية الغربالية فى عاريات البذور والنباتات الدنيئة حيث لا توجد صفوف متحدة من الخلايا ، ونوع متخصص ، هو وحدة من صف ، وهو عنصر الأنبوبة الغربالية أو وحدة الأنبوبة الغربالية . (ومصطلح « قطعة الأنبوبة الغربالية » الذى يستعمل أحيانا يجب أن يستبعد لأنه يوحى بأن هذه الخلية قد تكونت بالتجزؤ) ومن سوء الحظ أن مصطلح « الأنبوبة الغربالية » فى استعماله الشائع لا يدل على صفوف الخلايا المتحدة ولا على المكونات الفردية لهذه الصفوف فحسب بل يستخدم كذلك للدلالة على خلايا ليست متحدة فى صفوف . وأول ما استعمل مصطلح « الأنبوبة الغربالية » انما قصد به صف الخلايا ، وهو مصطلح وصفى لهذا التركيب ، ويجب الابقاء على هذا الاستعمال وحصره بقدر الامكان . ومن المحتمل — للتيسير — أن يستمر الاستعمال المزدوج غير الدقيق للمصطلح ، وفى معظم الحالات يدل سياق الكلام على المعنى المقصود ، الا أن استخدام المصطلحين « عنصر الأنبوبة الغربالية » و « وحدة الأنبوبة الغربالية » للدلالة على وحدات الأنبوبة الغربالية يكون بلا ريب أفضل ولا لبس فيه . وعند دراسة العناصر الغربالية ، استحوذ عنصر الأنبوبة الغربالية على اهتمام أكبر من الخلية الغربالية ، ومعظم التفاصيل المعروفة عن تركيب العنصر الغربالى ، هى وليدة الدراسة الخاصة بعنصر الأنبوبة الغربالية .

واللحاء كالخشب ، نسيج مركب قد يتكون (ا) من خلايا غربالية وبرنشيمة لحاء فقط كما فى التريديات[1] وكثير من عاريات البذور [2] ، أو (ب) من خلايا غربالية وبرنشيمة وألياف لحاء كما فى بعض عاريات البذور . أو (ج) من نوعين أو أكثر من الطرز الخلوية الآتية : أنابيب غربالية ، وخلايا مرافقة ، ونوع أو أكثر

(١) Pteridophyta

(٢) Gymnosperms

من برنشيمة اللحاء ، وألياف لحاء ، واسكلريدات ، وأنواع مختلفه من الخلايا الافرازية كما فى كاسيات البذور .

الخلية الغربالية وعنصر الأنبوبة الغربالية : الخلايا الغربالية وعناصر الأنبوبة الغربالية متكافئة مرفولوجيا ومتماثلة فى التركيب الأساسى وفى الوظيفة . ولكنها تختلف من حيث أن ثقوب جدر الخلايا الغربالية وخيوطها السيتوبلازمية تكون كلها متشابهة ، على حين تكون فى عنصر الأنبوبة الغربالية على درجتين من التخصص ، كما أن الخلايا الغربالية ليست مرتبة فى صفوف كعناصر الأنابيب الغربالية . والخلايا الغربالية وعناصر الأنبوبة الغربالية ، هى خلايا مستطيلة حية ، جدرها سليلوزية رقيقة . ويحتوى البروتوبلاست على فجوة مركزية كبيرة ، وعلى طبقة محيطية رقيقة من السيتوبلازم . وتختفى النواة حين تصل الخلية الى اكتمال النضج . ويوجد بالسيتوبلازم بلاستيدات عديمة اللون تقوم فى بعض النباتات بتجميع النشا أو مواد مماثلة . وتحتوى الفجوة فى بعض ذوات الفلقتين على مواد مخاطية (ذات طبيعة بروتينية) قد تتوزع فى العصير الخلوى كله ، أو تتكتل فى أماكن مختلفة . فالسدادات المخاطية التى ترى فى القطاعات فى بعض النباتات (شكلا ١٠٩ ج ، ١١٠ ج) ، هى دون شك تجمعات من المخاط تنجت عن اصابة الأنسجة . والجدار فيما يبدو يتكون من طبقات ابتدائية فقط . وفى بعض الأجناس مثل جنس ليريودندرون [١] (شكل ١٠٨ ا) قد يصبح الجدار فى بعض المراحل غليظا ، ومن المحتمل حينئذ أن يكون موضعا لادخار الغذاء .

المساحات الغربالية والصفائح الغربالية : تعتبر الخلايا الغربالية وعناصر الأنابيب الغربالية فريدة ، فى كونها خلايا حية تؤدى وظيفتها ، على حين لا توجد بها نواة ، وتوجد فى جدرها ثقوب دقيقة تمتد خلالها خيوط من السيتوبلازم تشبه الروابط البلازمية ، وان كانت فى العادة أكثر منها غلظا ، وهى — على النقيض من الروابط البلازمية — مغلفة بالكالوس [٢] . وتتجمع الخيوط الرابطة لسيتوبلازم العناصر الغربالية فى مساحة من الجدار تعرف بالمساحات الغربالية . هذه المساحات التى تكون غير متخصصة فى عاريات البذور والتريديات ، تصبح على درجة كبيرة من التخصص فى كاسيات البذور [٣] فتكبر الخيوط

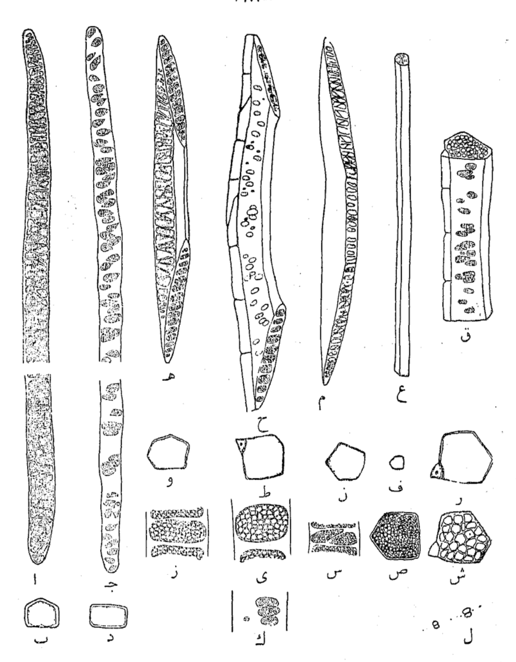
(١) Liriodendron

(٢) Callus

(٣) Argiosperms

السيتوبلازمية وتكون المساحات أكثر تحديدا . وتشغل تلك المساحات أجزاء محددة تقريبا من جدار الخلية — من الجدر الطرفية عادة — تعرف بالصفائح الغربالية . وهناك نوعان من الصفائح الغربالية : بسيطة ذات مساحة غربالية واحدة ، ومركبة تحتوى على عدد من تلك المساحات . وفى الصفائح الغربالية البسيطة تميل الثقوب والخيوط السيتوبلازمية الى الكبر ، وتشغل الصفيحة معظم أو كل الجدار الطرفى الذى يكون فى العادة مستعرضا . أما الصفائح الغربالية المركبة ، فالثقوب فيها أصغر من مثيلاتها فى الصفائح الغربالية البسيطة ، وتشغل عادة جزءا من الجدار الطرفى المائل .

وتنتشر المساحات الغربالية على الجدر الجانبية والطرفية ، أو تنحصر جزئيا أو كليا فى جدر معينة ، كالجدر القطرية والطرفية فى الأنابيب الغربالية ذوات الأطراف المستدقة كثيرا ، وكالجدر الطرفية حيث تستدق الخلية فجأة ، أو يكون جدارها الطرفى مستعرضا (شكل ٥٢) . ويختلف عدد المساحات الغربالية على الجدر الجانبية كثيرا . فيوجد فى العادة عدد قليل منها ، أو لا يوجد على الاطلاق ، حيثما يكون الجدار الطرفى مستعرضا أو قريبا من ذلك (شكل ٥٢ ع ، ق) ، أما حيث يكون الجدار الطرفى مستدقا لمسافة طويلة ، فان الجدار الجانبى — وكذلك الطرفى الذى يصعب تمييزه منه — ويكون مغطى بأكمله بمسافات غربالية متقاربة (شكل ٥٢ ا ، هـ) . ويتوقف عدد المساحات الغربالية وموضعها الى درجة كبيرة على وضع الأنابيب الغربالية المحيطة وترتيبها . وقد تكون عناصر الأنابيب الغربالية — الى درجة ما — مفصصة أو متشعبة ، وقد يكون لها أحيانا ثلاثة أطراف محددة . وتوجد مثل هذه الخلايا عند نقط تفرع الأنبوبة الغربالية . وقد يكثر هذا التفرع فى اللحاء المحتوى على أنابيب غربالية من النوع الأكثر بدائية ، وتكون الأنابيب فى هذه الحالة نظاما شبكيا مفككا بدلا من الصفوف الطولية غير المتفرعة أو النادرة التفرع ، كما هى الحال فى النوع الراقى . وحيثما تفتقر الجدر الجانبية الى المساحات الغربالية الواضحة المعالم ، توجد فى العادة صفائح غربالية أثرية ، تعرف بالبقع الشبكية (شكل ٥٢ ح ، ق) . وهى تشبه المساحات والصفائح الغربالية المثالية بأنواعها المختلفة ، ولكنها غير محددة المعالم ، وكثيرا ما تشبه الشبح ، وثقوبها متناهية فى الصغر ، ولا تكبر فى أغلب الأحيان الروابط البلازمية العادية (شكل ٥٢ ك) ، وأحيانا لا توجد . ويتضح التفاوت



(شكل ٥٢)

الخلايا الغربالية وعناصر الانابيب الغربالية فى المنظر الجانبى والقطاع العرضى ، مع تفاصيل تركيب الصفائح الغربالية (ا ، ب) من جنس سرخس الديشار (بتريديوم(١)) ، ويظهر ربع الخلية فقط (جـ ، د) من نوع من جنس تسوجا(٢) ، ويظهر ثلث الخلية فقط (هـ ، و ، ز) من الجوز الاسود (٣) (ز) جزء من الصفيحة الغربالية بالتفصيل (ح ، ط ، ك ، ل) من جنس ليريودندرون (ح ، ط) توضح الخلايا المرافقة المتصلة (ى ، ك) تفاصيل الصفيحة الغربالية والرقعة الشبكية على التوالى (ل) الصفيحة الغربالية كما تبدو فى القطاع (م ، ن ، س) من نبات التفاح (س) تفاصيل الصفيحة الغربالية ، (ع ، ف ، ص) من نبات البطاطس (ص) تفاصيل الصفيحة الغربالية (ق ، ر ،) من احد أنواع جنس روبينيا ، وفيها تبدو الخلايا المرافقة متصلة (ش) تفاصيل الصفيحة الغربالية . (الانابيب الغربالية مرسومة بنفس مقياس الرسم الذى رسمت به القصيبات ، والالياف ، والاوعية ، فى الاشكال ٤٦ و ٤٧ و ٤٨ وكل تكبيرات الصفائح الغربالية والرقع الشبكية عملت بمقياس رسم واحد)

---

(١) Pteridium (٢) Tsuga candensis (٣) Juglans nigra

فى حجم الثقوب فى الصفائح الغربالية والبقع الشبكية فى النباتات الخشبية من المقاييس الآتية : ففى الجوز الأسود يكون حجم الثقوب فى الصفائح الغربالية من ١ر٨ الى ٣ر٥ ميكرونات ، وفى البقع الشبكية من ٠ر٥ الى ٠ر٦ ميكرون ، وفى نوع من جنس الحور [1] ، يكون الحجم ٣ر٥ — ٥ر٥ ميكرونات و ٠ر٥ — ٠ر٦ ميكرون على التوالى ، وفى الصفصاف الأسود ، ٢ — ٣ ميكرونات و ٠ر٤ — ٠ر٥ ميكرون وقد توجد بين المساحات الغربالية المثالية والبقع الشبكية صور وسطية . والبقع الشبكية شائعة فى الأنابيب الغربالية الوسطية ، ولا توجد عادة فى معظم النباتات العشبية . قد أصبح مصطلح « الحقل الغربالى » الذى يستخدم أحيانا للدلالة على البقع الشبكية غامضا فى استعماله ولا تدعو اليه الحاجة .

الأنابيب الغربالية : ان الاتحاد بين عناصر الأنابيب الغربالية ، لتكوين أنبوبة غربالية ، يكون مكفولا تركيبيا ، بتحور فى الشكل والترتيب ، بحيث يؤدى الى تكوين أنبوبة طولية ، ومن الناحية الوظيفية ينظم تخصص الخيوط الموصلة فى الجدر الطرفية للعناصر . وفى مراحل تكوين الأنبوبة الغربالية تزداد عناصرها فى القطر وتقصر فى الطول . ويتفاوت شكل هذه العناصر فى مدى يماثل ذلك الذى يوجد فى صفوف الأوعية القصبية : ففى النوع الأكثر بدائية تكون الأطراف مستدقة كثيرا ، ومن ثم يصعب تمييز الجدار الطرفى من الجدار الجانبى (شكل ١٥٢ ، ج) ، وفى العادة يكون الجدار الطرفى المحدد المعالم مائلا (شكل ٥٢ هـ،ح،م) أو مستعرضا فى الأنواع الأكثر تخصصا (شكل ٥٢ ع،ق) . كذلك عند تكوين الأنابيب الغربالية تتناقص مساحاتها الغربالية فى العدد ، وفى النوع البدائى من الأنبوبة الغربالية ، تكون المساحات الغربالية كثيرة وتوجد على صفيحة تشغل الجدار الطرفى الطويل المائل ، وهذه المساحات وثيقة الشبه بالمساحات الكثيرة الموجودة على الجدر الجانبية،أما النوع الأكثر تقدما ، فيحتوى على مساحة واحدة فى صفيحة ، تشغل كل الجدار الطرفى المستعرض تقريبا ، وتكون المساحات على الجدر الجانبية نادرة أو معدومة . وأقطار الخيوط السيتوبلازمية الموصلة فى هذا النوع المتقدم تكبر مثيلاتها فى الأنواع الأخرى كثيرا . ونوع الأنبوبة الغربالية ليس ثابتا فى الفصائل ، وحتى فى الأجناس أحيانا .

(١) Populus deltoides

ويوجد النوع البـدائى فى بعض الفصائل التى تعتبر متقدمة ، مثل فصـيلة البيلسان [١] ، ويوجد النوع الأكثر تقدما فى بعض الفصائل البدائية كالفصيلة التوتية [٢] وفصيلة النشم [٣] . وقد حدث تطور تقدمى فى نوع الأنبوبة الغربالية فى بعض الفصائل (فصيلة الزان [٤] والفصيلتان الوردية [٥] والقرنيـة [٦]) وفى بعض الأجناس (جنسا المران والخوخ [٧]) . وعلى الرغم من أن الأنابيب الغربالية فى الكروم والأعشاب ، هى فى العادة من النوع الأكثر رقيا ، فان كل الأنواع توجد فى النباتات الخشبية والعشبية .

النشوء التكوينى للعناصر الغربالية : تتفاوت الخلايا الوالدة للعناصر الغربالية فى الشكل من القصيرة الأسطوانية الى المستطيلة الضيقة ، المستدقة . والرقع النقرية الابتدائية — كما هى الحال على جدر القصيبات الحديثة — كثيرة على الجدر ، وخاصة فى اللحاء الثانوى . وعندما تتميز هذه الخلايا فانها تستطيل ، ويصبح السيتوبلازم كثير الفجوات ، نشيطا فى انسيابه،ويتغلظ الجدار ، وتتكون المساحات الغربالية من الرقع النقرية ، وتصبح الخيـوط السيتوبلازمية بارزة وتزداد فى لحجم ، ويتكون الكالوس حول الخيوط الموصلة . والعلاقة التكوينية بين الرقع النقرية والمساحات الغربالية ليست واضحة تماما . فقد تكون رقعة نقرية واحدة مساحة غربالية واحدة أو أكثر ، أو قد تكون عدة رقع نقرية مساحة واحدة ، وذلك حيث تكون الصفيحة الغربالية بسيطة . وفى هذا النوع البسيط من الصفائح ، عندما تكون الخيوط الموصلة كبيرة جدا ، قد تساهم رقعة نقرية واحدة أو أكثر فى تكوين الثقب ، كل خيط يمثل رابطة بلازمية واحدة ، زادت فى الحجم كثيرا ، أو مجموعة من الخيوط الملتحمة الخاصة برقعة نقرية واحدة . ويبدأ تكوين الكالوس بظهور حلقات حول الخيوط عند فتحات الثقوب ، وبتوالى الترسب تتكون أسطوانات تغلف الخيوط .

وعندما يصل عنصر الأنبوبة الغربالية الى مرحلة اكتمال الحجم ، يصبح الجدار رقيقا ، وتتحلل النواة ، وتواصل الخيوط الموصلة زيادتها فى القطر ، ويتوقف انسياب السيتوبلازم ، وتصبح طبقة السيتوبلازم المحيطية رقيقة جدا ، وتختفى

---

(١) Caprifoliaceae (٢) Moraceae (٣) Ulmaceae

(٤) Fagaceae (٥) Rosaceae (٦) Leguminosae

(٧) Prunus

الحدود بين السيتوبلازم والفجوة ، ومن ثم تختفى الخواص شبه المنفذة . ويبدو أن الفترة التى تمارس فيها الخلية وظيفتها كتركيب موصل تبدأ عند هذه المرحلة . ويستمر التوصيل بالأنابيب الغربالية فى كل النباتات لفترة وجيزة فقط ، تتفاوت من أيام قليلة فى اللحاء الابتدائى ، الذى يتكون مبكرا ، الى سنة وربما أكثر ، فى اللحاء الثانوى للنباتات الخشبية .

تزداد كمية الكالوس خلال الحياة الوظيفية للأنبوبة الغربالية ، ومن ثم تستطيل الأسطوانات المغلظة للخيوط . ويترسب الكالوس كذلك على الجدار حول الخيوط وبينها مكونا مع الأسطوانة كتلة تشبه الوسادة فوق المساحة الغربالية . وفى المراحل الأخيرة لتغلظ هذه الوسادة ، تصبح الخيوط ضعيفة ، وقد تتمزق بعضها أو كلها . ويبدو أن هذه الحالة تصاحب موت البروتوبلاست . ولهذا السبب يطلق على وسادة الكالوس اسم الكالوس النهائى . وفى بعض النباتات الخشبية ، حيث تؤدى الأنابيب الغربالية وظيفتها لفصل نمو ثانى — وربما أكثر — لا يموت البروتوبلاست ، ويذوب الكالوس النهائى عندما يتجدد النشاط فى التوصيل . فى مثل هذه الحالات ، لا بد أن تبقى الخيوط الغربالية دون أن تتمزق . والأنابيب الغربالية التى تؤدى وظيفتها لأكثر من فصل نمو واحد ، لا يعرف عن تركيبها غير تفاصيل قليلة . وتتكون وسائد الكالوس بصورة ضعيفة ، أو لا تتكون على الاطلاق على المساحات الغربالية للبقع الشبكية ، ويتخذ ذلك — بالاضافة الى وجود قليل من الخيوط الموصلة الضعيفة — دليلا على الطبيعة الأثرية لهـذه التراكيب . وتعتبر البقع الشبكية مرحلة انتقال فى تركيب الجدار الجانبى ، بين المساحات الغربالية العديدة ، فى عنصر الأنبوبة الغربالية البدائى ، وبين انعدام هذه المساحات ، أو اختزال عددها الى درجة كبيرة فى النوع الأكثر رقيا .

اندثار الأنابيب الغربالية : بعد فقدان البروتوبلاست من عنصر الأنبوبة الغربالية ، فان الجدار الخلوى — وهو فى هذه المرحلة يكون رقيقا مثلما كان فى المراحل المبكرة لتكوينه — يتعرض للسحق أو الانطباق تحت ضغط الأنسجة المحيطية وتوترها اللذين يتولدان نتيجة ازدياد العضو الذى يحتوى عليها فى القطر أو الطول . وفى كثير من النباتات العشبية تكون وسائد الكالوس وأسطواناته ما زالت موجودة عند حدوث السحق ، ولكنها تكون قد اختفت فى اللحاء الثانوى فى النباتات الخشبية . وسحق الأنابيب الغربالية الميتة وخلاياها

المرافقة يكون فى العـادة كاملا بحيث تصبح هـذه الخلايا ممثلة فقط بأشرطة أو صحاف من مادة غير ذات تركيب ، وقد تمتص هذه المادة مباشرة . وفى معظم النباتات — باستثناء ذوات الفلقة الواحدة — تتجمع الخلايا الحية المحيطية فى المكان الذى كانت تشغله الخلايا المنسحقة ، ومن ثم يصبح من الصعب تبين التركيب المبدئى لهذا النسيج . ويطلق على سحق وامتصاص الأنابيب الغربالية وخلاياها المرافقة لفظ « الاندثار » . وسيكون الاندثار محل دراسة أخرى فى الفصل الثامن .

الخلايا الغربالية فى عاريات البذور : لم تدرس الخلايا الغربالية بتوسع كعناصر الأنابيب الغربالية ، كما أن تركيب مساحاتها الغربالية أصعب كثيرا فى تحقيقه . ويعتقد أن الخيوط الموصلة تنتظم فى مجموعات صغيرة ، ويبدو أن أسطوانات الكالوس تغلف هذه المجموعات وليست الخيوط الفردية كما فى كاسيات البذور وتشبه الخلايا الغربالية عناصر الأنابيب الغربالية كثيرا من حيث تكوينها ، وطول حياتها الوظيفية ، واندثارها . ومن المحتمل أن يكون للخلايا الغربالية فى النباتات اللازهرية الوعائية حياة وظيفية أطول منها فى النباتات البذرية ، وقد تصل فى هذه الحالة الى عدة سنوات .

الخلايا المرافقة : الخلية المرافقة طراز متخصص من الخلايا البرنشيمية ، وثيق الصلة من حيث نشأته ، وموضعه ، ووظيفته ، بعناصر الأنبوبة الغربالية . وتوجد هذه الخلايا فى كاسيات البذور فقط ، وهى فى هذه النباتات تصاحب معظم عناصر الأنابيب الغربالية . وقد يفتقر اللحاء الأول أحيانا الى الخلايا المرافقة ، كما أنها قد تكون نادرة الوجود فى اللحاء الابتدائى واللحاء الثانوى المبكر ، فى بعض النباتات الخشبية . وتكثر الخلايا المرافقة فى اللحاء العالى التخصص — كلحاء كثير من ذوات الفلقة الواحدة — حيث تكون مع الأنابيب الغربالية النسيج بأكمله .

وتتكون الخلايا المرافقة بالانقسام الطولى ، أو الطولى المائل ، للخلية الوالدة لعنصر الأنبوبة الغربالية ، وذلك قبل أن يبدأ تخصص هذه الخلية . وقد تتحول احدى الخليتين الوليدتين الى خلية مرافقـة وتصبح الأخـرى عنصرا للأنبوبة الغربالية ، وقد تنقسم الخلية الأخيرة انقسامات أخرى لتكون مزيدا من الخلايا المرافقة . وقد تنقسم بداءة الخلية المرافقة انقسامات مستعرضة ، مكونة صفا من

الخلايا المرافقة ، ومن ثم فان خلية واحدة أو أكثر ، قد تصاحب كل عنصر غربالى . وقد تمتد الخلية المرافقة ، أو الصف الذى يضم عددا قليلا منها ، والذى نشأ بالانقسام المستعرض لبـداءة خلية مرافقة واحـدة ، على طول عنصر الأنبوبة الغربالية ثابت فى النوع الواحد تقريبا . والخلايا المرافقة الطويلة المنفردة شائعة الوجود فى اللحاء الابتدائى والنباتات العشبية ، أما الخلايا القصيرة الكثيرة العدد فتميز اللحاء الثانوى فى النباتات الخشبية .

وتحتوى الخلايا المرافقة على قدر كبير من السيتوبلازم الحبيبى ، ونواة ظاهرة تبقى طول حياة الخلية ، وهى لا تحتوى على نشا فى أى وقت من الأوقات وتعيش ما بقى عنصر الأنبوبة الغربالية الذى ترافقه حيا ، وتنسحق معه .

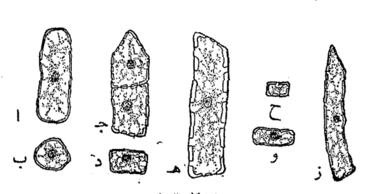
وتبـدو الخلية المرافقة فى القطاع العرضى صـغيرة عادة ، مثلثة الشكل أو مسـتديرة أو قائمة الزوايا ، تمتـد الى جانب عنصـر الأنبوبة الغـربالية (شكل ٥٢ ط ، ر) . وفى أكثر الأحيان تبدو الخلية المرافقة وكأنها ممتدة بين نهايتى عنصر الأنبوبة الغربالية . فاذا لم تكن كذلك فقد يصبح من المستحيل تحديد الأنبوبة الغربالية التى تصاحبها ، اذ أنها قد تكون على اتصال بأكثر من واحدة . وفى اللحاء الثانوى لكثير من عاريات البذور تكون الخلايا الحافية للأشعة — وهى المعروفة بالخلايا الزلالية [1] — مختلفة كثيرا عن بقية الخلايا الشعاعية . وسنتناول هذه الخلايا بالدراسة فى الفصل الثامن .

برنشيمة اللحاء : يحتوى اللحاء فى العادة على خلايا برنشيمية من أنواع أخرى غير الخلايا المرافقة . ويطلق على هذه الخلايا أسماء مختلفة على أسـاس الشكل والوظيفـة المحتملة ، الا أن هذه الأسماء محيرة فى استعمالها ، كما أن الاختلافات بينها لا تستوجب التمييز . وتتفاوت هذه الخلايا فى الشكل بين المستطيلة المستدقة والأسطوانية العريضة ، شـبه الكروية أو عديدة الأوجه (شكل ٥٣) . وقد تنقسم الخلية المستطيلة ، وهى فى حداثتها ، مكونة صـفا من الخلايا ، يحتفظ فى شكله وموضعه عند البلوغ بما يدل على هذه النشأة ، وتتفاوت محتويات هذه الخلايا تفاوتا كبيرا ، فتوجد بها البلورات ، والمواد التانينية ، والمخاطية ، واللبنية ... الخ . وتمتلىء معظم الخلايا البرنشيمية بالنشا

---

(1) Albuminous cells

أو الزيت فى فترات الركود . وتظل هذه الخلايا حية الى أن ينقطع اتصالها بالأنسجة الحية الداخلية بعد تكوين البريديرم . وقد تتحول برنشيمة اللحاء الثانوى عندما يتقدم بها العمر الى اسكلريدات كما فى جنس البلوط .



(شكل ٥٣)
البرنشيمة اللحائية ، قطاعات طولية عرضية (ا ، ب) من نبات الصفصاف الاسود (جـ ، د) من احد انواع جنس روبينيا (هـ ، و) من جنس ليريودندرون (ز ، ح) من نبات التفاح

وقد لا توجد البرنشيمة فى اللحاء ، فيتكون النسيج من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة فقط كما هى الحال فى الحزم الوعائية لكثير من ذوات الفلقة الواحدة .

وستكون برنشيمة الأشعة اللحائية محل دراسة عند تناول اللحاء الثانوى (الفصل الثامن) .

أليـاف اللحاء واسكلريداته : الخلايا الاسكلرنشيماتية نادرة أو غير موجودة فى لحاء التريديات الحية ، كما أنها لا توجد فى هـذا النسيج فى بعض عاريات البذور وكاسياتها . غير أنه فى كثير من النباتات البذرية تكون الألياف جزءا بارزا فى كل من اللحاء الابتدائى والثانوى (شكل ٥٤) . وألياف اللحاء الابتدائى — أو جزء منها — قد أخطىء فى تقديرها فى بعض النباتات على أنها أليـاف البريسيكل (الفصل الخامس) . وتختلف أليـاف اللحـاء عن ألياف الخشب ، فى أن النقر تكون دائما بسيطة ، فوهاتها صغيرة ، طولية أو مستديرة . وجـدر الأليـاف اللحائية ملجننة . وفى أثناء تكشف هـذه الخلايا ، تتداخل أطرافهـا المستدقة لمسـافة طويلة ، ومن ثم تتكون أشرطة قوية . وتتخذ الألياف شكل صحاف مماسية أو أسطوانات تغلف الأنسجة الداخليـة . وهى ذات أهميـة تركيبية واضحة ، كطبقات واقية لمنطقة الكمبيوم الداخلية الرخوة ، كما أنها

تعمل الى درجة ما كأنسجة مقوية طولية . وفى بعض الأعشاب ، وأحيانا النباتات الخشبية كنبات الدركة ، تكون الألياف أكثر أهمية فى تدعيم الساق من أسطوانة الخشب .

وألياف اللحاء الأول ، التى تكون الخلايا الخارجية للحاء الابتدائى ، هى من الظواهر البارزة لكثير من السوق الخشبية والعشبية على السواء . وفى المراحل المبكرة من تكشف الساق ، قد تساهم هـذه الأليـاف فى تدعيمها الى درجة كبيرة . وتنتظم أليـاف اللحـاء بطرق شتى : فقد تكون على هيئـة أشرطة متصلة ، منتظمة ، أو غير منتظمة وقد تتخذ شكل أشرطة مبعثرة متفرقة، أو مجموعات تغطى قمم أشرطة اللحـاء الابتدائى . وتلك الأليـاف تكون فى العادة ملجننة كما فى القنب ، ولكنها قـد تكون سليلوزية كما فى الكتان . وتشبه ألياف اللحاء الابتدائى فى أغلب الأحيان ألياف القشرة وألياف اللحـاء الثـانوى . وهـذه الألياف مجتمعة أو منفردة تكون مع غيرها من الألياف ، والحزم الوعائيـة فى بعض الأحيـان ، الأليـاف التى تسـتغل فى الصـناعة والتجارة .

(شكل ٥٤)
الالياف اللحائية ، قطاعات طولية وعرضية (ا) من نبات الصفصاف الاسود ، ويظهر ثلث الخلية فقط (ب) من نبات التفاح (ج) من أحد أنواع جنس روبينيا . (مقياس الرسم ضعف المقياس المستخدم فى الشكل الخاص بالعناصر الغربالية ، شكل ٥٢)

مصطلح ألياف اللحاء[١] : بالنظر لمتانة حزم الألياف اللحائية ، فانها تستخدم منذ وقت طويل فى صـناعة الحبال وفى نسج الحصير والقمـاش . والنسيج

(١) Bast fibres

الليفى المستعمل فى هذا الصدد يطلق عليه منذ آمد بعيد لفظ ألياف اللحاء (باست) وقد كان هذا المصطلح يستخدم أصلا فى الدلالة على أية ألياف تستخرج من الجزء الخارجى للنبات ، هذا على الرغم من أن جزءا كبيرا من تلك المادة يأتى من اللحاء الثانوى وذلك كما فى جنس الزيزفون[1] . واذا كان اللحاء الثانوى متميزا عن القشرة استخدم مصطلح « ألياف اللحاء » للدلالة على هذا اللحاء ، الذى كان المصدر العام للألياف . وعلى هـذا الأساس ما يزال المصطلح كثير الاستعمال كمرادف اللحاء . وعلى ضوء هذا الاستعمال الشكلى للمصطلح ، أصبحت ألياف اللحاء تعرف بالألياف . غير أن مصطلح « الألياف اللحائية » يطلق أيضا من باب التبسيط على أية ألياف من الأجزاء الخارجية للنبات . وهذا استعمال طبوغرافى ، ليس نسيجيا أو شكليا ، فقد تكون تلك الألياف جزءا من القشرة أو البريسيكل . وكثيرا ما يقسم اللحاء الثانوى الى « لحاء صلد ولحاء رخو » ، وكذلك يقسم القلف الى « ألياف لحاء ولحاء حى » . ومصطلح « ألياف لحاء » يستعمل فى هذا الصدد دون أن يكون له معنى علمى دقيق ، ومن ثم يجب أن يقلع عن استخدامه كمصطلح فنى . كما أنه من نافلة القول استعماله ما دامت مصطلحات « اللحاء » و « ألياف اللحاء » و « ألياف البريسيكل » و « ألياف القشرة » تغطى بدقة كل استعمالاته .

ويحتوى اللحاء الابتدائى أحيانا على اسكلريدات ، كما يحتوى اللحاء الثانوى المتقدم فى العمر فى كثير من الأشجار على كثير من خلايا هذا النوع . وتتكون من الخلايا البرنشيمية عندما يتقدم النسيج فى السن وتتوقف الأنابيب الغربالية عن القيام بوظيفتها .

التنقيـر فى خلايا اللحاء : العلاقة الخلوية المعقدة فى اللحاء ، والجدر الرقيقة التى تتميز بها كثير من خلاياه ، والتشابه بين النقر بروابطها البلازمية والمساحات الغربالية بخيوطها السيتوبلازمية من شأنها أن تجعل تحديد التنقير صعبا . كما أن المعلومات الخاصة بتركيب الجدار فى بعض الأماكن متفاوتة كثيرا ، وتتطلب المزيد من الايضاح . والتنقير فى الخلايا الغليظة الجدر واضح . فالنقر المزدوجة هى من النوع البسيط الخاص بالخلايا البرنشيمية والاسكلرنشمية ، الا فى بعض

---

(١) Tilia

الطرز البرنشيمية حيث تشبه النقر المساحات الغربالية (شكل ١١٠ د) . وتوجد بين الأنبوبة الغربالية والخلية البرنشيمية مساحة غربالية فى جانب الأولى ونقرة فى جانب الأخيرة . أما بين الأنبوبة الغربالية والخلية المرافقة فان الجدار يكون فى العادة رقيقا جدا ، لا ترى فيه أية مساحات متخصصة ، ويندر أن يكون هذا الجدار غليظا ومحتويا على نقر . ومن المعتقد بوجه عام ، أنه لا توجد نقر مشتركة بين الخلايا المرافقة والبرنشيمية ، على أن نقرا مزدوجة قد وصفت فى بعض النباتات .

وظيفة اللحاء : الوظيفة الرئيسية للحاء ، هى توصيل المواد الغذائية المجهزة ، بروتينية وكربوايدراتية . ومن المعتقد أن العناصر الغربالية هى الخلايا المتخصصة فى هذا التوصيل ، وترتبط معها بطريقة ما فى فعالياتها الخلايا المرافقة ، أو الخلايا الزلالية . وتساهم الأنسجة الاسكلرنشيمية — من ألياف واسكلريدات — الى درجة ما — فى تدعيم العضو وحماية الأنسجة الرخوة الموجودة ناحية الداخل بالنسبة لها ويدخر الكثير من الخلايا البرنشيمية النشا فى فترات معينة ، ويحتمل أن البعض من هذه الخلايا ، يسهم فى توصيل بعض المواد ، كما يكون البعض الآخر مناطق ادخار للبلورات .

وسيكون اللحاء محل دراسة أخرى عند تناول الجسم الابتدائى (الفصل الخامس) واللحاء الثانوى (الفصل الثامن) بالدراسة .

مصطلح اللحاء : يستعمل مصطلح اللحاء أحيانا — كما يستعمل مصطلح الخشب — للدلالة فقط على الخلايا الموصلة لنسيج معقد وظيفته الرئيسية هى التوصيل . وعلى هذا الأساس تكون العناصر الغربالية وحدها ، من النسيج المعروف عادة باللحاء ، هى المقصودة بهذا المصطلح . وكثيرا ما يطلق على كل « الخلايا الرخوة » لفظ « لحاء » وعلى الخلايا الاسكلرنشيمية لفظ « ألياف لحائية » . وحصر استعمال « اللحاء » على الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة يستخدم على وجه الخصوص فى اللحاء الأول . غير أنه من الوجهة النسيجية والشكلية يشير اللحاء الى النسيج المتصل بأكمله ، وعلى هذا الأساس استخدم المصطلح فى هذا الكتاب . فعلى سبيل المثال ، لا يتكون اللحاء الأول من عناصر الأنابيب الغربالية التى تؤلف أولى خلاياه البالغة فقط بل يتضمن كذلك الألياف التى تحيطه بها والتى تأخر نضجها كثيرا .

النسيج الناقل : وهو نسيج موصل من نوع خاص ، يتكون أساسا من قصيبات قصيرة ، جدرها سليلوزية رقيقة تحتوى على نقر مضفوفة أو تغلظات شبكية أو سلمية ، ويصاحب عادة النسيج الوعائى المثـالى فى أوراق عاريات البذور . وهذه الخلايا شبيهة بالقصيبات من حيث طريقـة تنقيرها وفقدانهـا للبروتوبلاست ، ولكنها فيما عدا ذلك توحى بأنها خلايا برنشيمية مستطيلة . وتوجد هذه الخلايا ملاصقة للخشب الحقيقى على جانبى الحزمة ، وقد تحيط به جزئيا أو كليا . ولما كانت هذه الخلايا تعمل على ما يبدو كنسيج موصل ، يربط بين العروق والنسيج المتوسط فى الأوراق ، ويقوم مقام الفروع العادية المتناهية الصغر للعروق ، فانها تكون مجتمعة ما يعرف بالنسيج الناقل . وعلى الرغم من أن وظيفة هذا النسيج غير معروفة تماما فانه دون شك يمثل نسيجا وعائيا متحورا .

الأجهزة النسيجية

كل أنسجة النبات التى تؤدى وظيفة عامة واحدة ، بغض النظر عن موضعها واتصالها داخل الجسم ، تكون فى مجموعها جهازا نسيجيا . وعلى هذا الأســاس يكون المصطلح فسيولوجيا بحتا . وبهذه المعاملة الفسيولوجية للتشريح يتميز عـدد من الأجهزة النسيجية مثـل « النسيج الدعامى » و « النسيج الماص » و « النسيج التخزينى » . ولا يربط بين الأجزاء المختلفة لمعظم هذه الأنسجة غير رباط الوظيفة ، أما وحدة التركيب والشكل فضئيلة أو غير موجودة على الاطلاق . وقد يكون الاتصال والتشابه فى الطبيعة أو الأصل بين أجزاء النسيج معـدوما .

ويعتبر تجميع الأنسجة فى أجهزة نسيجية من الوجهة الشكلية ملائما فى بعض الأحيان . ولا بد أن يكون الجهاز النسيجى — من الناحية الشكلية — مركبا من خلايا ممتدة بلا انقطاع داخل جسم النبات كله ، أو خلال جزء كبير منه . وقد يكون الجهاز النسيجى من البساطة بحيث يتركب من طراز واحـد من الخلايا أو الأنسجة ، أو قد يتكون من طرازين أو أكثر من الأنسجة . ويمكن على أية حال ، تمييز عدد قليل من الأنسجة المتباينة تركيبيا . فقدامى الدارسين لعلم التشريح ميزوا الأجهزة البشرية — أ والمغلفة — والأساسية والوعائية . على أن هذا التمييز الى تلك الأنسجة ليس فى الغالب متبعا الآن ، ويعزى ذلك ، دون شك ، الى أن

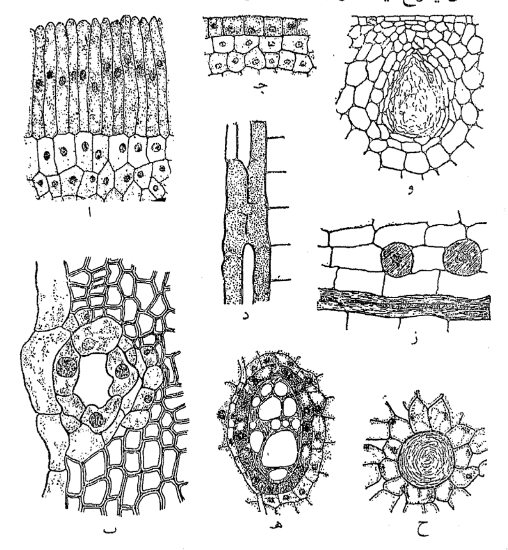
الأجهزة فى هذه الصورة تكون من الوجهة الشكلية شاملة جدا أو غير محدودة ، أى تكون غير شكلية . فالجهاز البشرى يضم أحيانا طبقة تحت البشرة كما يضم أنسجة قشرية أخرى ، وحتى البريديرم،ويضم الجهاز الأساسى القشرة والبريسيكل والنخاع . وتميز هذه الأنسجة ذو قيمة من الناحية الطوبوغرافية البحتة ، ويفيد بوجه خاص فى شرح الأنسجة الانشائية . وفى الأعضاء الحديثة ، يتركب الجهاز البشرى من منشىء البشرة (أو البشرة الأولية) فقط ، ويتكون الجهاز الوعائى من الكمبيوم الأولى وعناصر الخشب واللحاء التى تكونت مبكرا ، ويتكون الجهاز الأساسى من المرستيم الأساسى ، أى كل الأنسجة المتبقية التى تكون فى هذه المرحلة قد تميزت تميزا طفيفا أو لم تتميز على الاطلاق . وتكون هذه فى جسم النبات الابتدائى الناضج . البشرة ، والأنسجة الوعائية ، والقشرة ، والبريسيكل ، والنخاع ، والنسيج الوسطى على التوالى .

والبشرة والجهاز الوعائى جهازان نسيجيان ، على درجة من التناسق والتواصل فى التركيب ، وعلى درجة من المثابرة فى تأدية الوظيفة ، بحيث يكونان فى جسم النبات صورا تركيبية ضخمة وهامة . « والجهاز البشرى » — اذا استعمل لتغطية البشرة فقط — و « الجهاز الوعائى » مصطلحان مناسبان وقيمان . ويضم « جهاز النسيج الأساسى » الأجزاء غير المتجانسة المتبقية .

النسيج الافرازى

يقصد « بالنسيج الافرازى » كل الخلايا المختصة مباشرة بافراز الأصماغ ، والمواد الراتنجية ، والزيوت العطرية ، والرحيق ، والمواد المماثلة . ويعد هـذا التصنيف تصنيفا فسيولوجيا بحتا ، اذ أن الخلايا والأنسجة الافرازية ليست فى الغالب مشتركة المنشأ أو متواصلة من الجهة الشكلية . والخلايا الافرازية كثيرا ما تكون منعزلة عن غيرها من الخلايا المماثلة ، ومطمورة فى النخاع أو الخشب أو اللحاء أو القشرة أو أية منطقة أخرى . وعلى النقيض من ذلك ، قد تتجمع الخلايا الافرازية مكونة — من الناحية المورفولوجية البحتة — نسيجا . وفى بعض الأحيان تكون هذه الخلايا تركيبا افرازيا متعضيا محددا ، أو غدة .

الخلايا الافرازية : يمكن تقسيم الخلايا الافرازية بصفة عامة الى نوعين : أولهما ذلك الذى يخرج فيه الافراز المتكون من الخلية الافرازية ، كما فى الشعيرات



(شكل ٥٥)

النسيج الافرازى (ا) قطاع فى سطح الغدة الرحيقية لنبات بنت القنصل[١] ، (ب) قطاع عرضى فى قناة راتنجية فى أحد أنواع جنس الصنوبر[٢] ، (ج) قطاع فى غدة رحيقية زهرية فى نبات التفاح (د) ، وعاء لبنى من جنس تراجوبوجن[٣]، وفيه امتصاص الجدر المستعرضة ما يزال مستمرا ، (هـ) قطاع عرضى فى قناة زيتية فى ثمرة حديثة من أحد أنواع جنس انجليكا[٤] (حشيشة الملاك) (و) قطاع فى فراغ زيتى انقراضى فى قشرة ثمرة أحد أنواع جنس الموالح[٥] (الحمضيات)(ز) خلايا لبنية من قشرة أحد أنواع جنس السوسب[٦] ، (ح) خلية افرازية فى حرشفة برعمية من جنس ليريودندرون (د ، من سكوت)

---

(١) Euphorbia pulcherrima
(٢) Pinus strobus
(٣) Tragopogon
(٤) Angelica atropurpurea
(٥) Citrus sinensis
(٦) Euphorbia splendens

والزيتية،أما الآخر فهو ذلك الذى يحتفظ بالافراز المتكون داخل الخليةالافرازية. وكثيرا ما يطلق على النوع الأول خلايا اخراجية . ويتميز هذا النوع من الخلايا عادة ببروتوبلاست يحتــوى على سيتوبلازم شـــــديد التحبب ونواة ظاهرة (شكلا ٥٥ ا،ب،ج ، ه و ٥٦ ب ، ج ، د) ، أما الخلية الافرازية فكبيرة غالبا ، سيتوبلازمها غير ظاهر ، وفراغها كبير ممتلىء بالافراز (شكل ٥٥ ح) . ويحتوى هذا النوع من الخلايا فى النباتات المختلفة ، على كثير من المواد المتنوعة ، كالزيوت الغدية والأسطح الافرازية ، كالغدد الرحيقة والطبقة الطلائية فى القنوات الراتنجية العطرية فى أجناس الليريودندرون والسافراس[١] والزنجبيل[٢] ، والمواد المخاطية فى كثير من السراخس . والشعيرات الغدية غالبا ما يكون تخصصها دقيقا يرتبط بالوظائف التى تؤديها . مثل الشعيرات اللاسعة فى جنس الحريق[٣] (شكل ٥٦) . هذه الشعيرات المتخصصة تكون فى الغالب متعددة الخلايا .

الغدد : تتشكل الخلايا الافرازية عادة فى تراكيب افرازية خاصة يطلق عليهـا عادة الغدد . ويستعمل أيضا مصطلح « الغدة » بصورة غير دقيقة للدلالة على التراكيب الافرازية من أى نوع ، متضمنة تلك التى توجد فى جميع مراحل التعقيد فى التعضى من الخلية الافرازية المنفردة الى التراكيب الأكثر تعقيدا . وتختلف الغدد من حيث الوظيفة التى تؤديها ، الا أنه من بين الأنواع الأكثر شيوعا تلك التى تفرز الانزيمات الهاضمة وتعرف بالغدد الهضمية ، وتلك التى تفرز الرحيق وتعرف بالغدد الرحيقية (شكل ٥٥ ا ، ج) . وتوجد طرز أخرى من الغدد هى الأجهزة الدمعية ، والقنوات الراتنجية ، والقنوات الزيتية ، والقنوات اللبنية . وقد يكون للغدد أو القنوات تجاويف مركزية تختزن فيها الافرازات أو تنتقل خلالها . والتجاويف اما أن تكون انفصالية (الفصل الثانى) ، مثل القنوات الراتنجية فى الصنوبر (شكل ٥٥ ب) ، أو انفراضية مثل الأكياس الزيتية فى قشرة ثمار الحمضيات — الموالح — (شكل ٥٥) .

الغدد الهضمية : فى الغالبية العظمى — من النباتات ، لا يقتصر افراز الانزيمات على خلايا أو أنسجة خاصة ، بل هو صفة من صفات معظم الخلايا الحية . غير أنه فى نباتات معينة تعرف « بأكلة الحشرات » و « أكلة اللحوم » ، توجد غدد

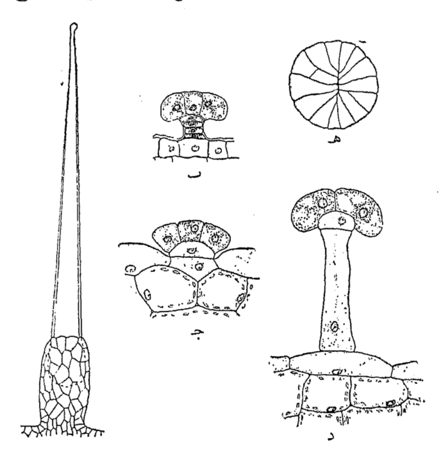
---

(١) Saftas

(٢) Ginger

(٣) Urtica

خاصة تفرز الانزيمات الهاضمة للبروتين ، وتؤثر هذه الانزيمات على الحشرات أو غيرها من الكائنات الحية ، بحيث يستطيع النبات أن يمتص نواتج الهضم .



(شكل ٥٦)

الشعيرات الافرازية (ا) شعيرة لاسعة من نوع من جنس الحريق[١] ، (ب) شعيرة غدية من مبيض احد انواع جنس جايلوساكيا[٢] ، (جـ ، د) نوعان من الشعيرات الغدية من ورقة من جنس بنجويكيولا[٣] (حشيشة الدهن) (هـ) منظر قمى للشكل (د) (مقياس الرسم فى (ا) أصغر كثيرا من مقياس الرسم المستخدم فى الحالات الاخرى)

ويوجد النسيج الافرازى فى جنس دروسيرا[٤] عند قمم الشعيرات أو الزوائد الورقية ، وهى تراكيب تساعد أيضا فى اقتناص الحشرات . وتفرز فى هذه الحالة — بالاضافة الى الانزيمات الهاضمة — مواد لزجة تلتصق بها الحشرات . وفى نباتات أخرى كجنس نبنثس[٥] وسراسينيا[٦] اللذين يحتـويان بطبيعتهما على

---

(١) Urtica gracilis

(٢) Gaylussacia baccata

(٣) Pinguicula

(٤) Drosera

(٥) Nepenthes

(٦) Sarracenia

مصائد ، تشبه القدور ، ممتلئة جزئيا بسائل ، تكون الغـــدد جالسة ، وتفرز انزيمات فى السائل ، الذى تمتص منه نواتج الهضم . وفى بعض الأجناس الأخرى مثل خناق الذباب[١] (ديونيا) و بنجوكيولا[٢] (شكل ٥٦ ج ، د) لا تنشط الغدد ، الا عندما تستحث بملامستها لمادة حيوانية . وتوجد فى أجنة بعض البذور طرز من الأنسجة الغدية أقل من هذا الطراز ، غير أن مثل هذا النسيج لا يتميز عادة بوضوح .

الغدد الرحيقية : ينتج الكثير من النباتات الحشرية التلقيح رحيقا يجذب الحشرات . وتفرز هذه المادة خلايا متخصصة ، توجد اما على الأجزاء الزهرية نفسها أو — وهذا نادر — على القنابات أو غيرها من التراكيب خارج الزهرة . ويكون افراز الرحيق فى العادة من خلايا بشرية متخصصة ، تغطى منـــاطق معينة من الزهرة ، أكثر مما يكون من أعضاء دقيقة مهيأة للافراز فقط . على أنه توجد فى بعض الفصائل كالفصيلة السوسبية[٣] تراكيب محددة دقيقــة . وفى الغـــدد الرحيقية الأقل تخصصا تكون الخلايا الافرازية فى الأجزاء الزهرية سطحية ، وتشبه فى معظم النباتات خلايا البشرة الأخرى فى المنطقة ، الى حد كبير ، الا أنها تفتقر الى الأدمة (شكل ٥٥ ج) . وفى بعض الأحيان تتميز الخلايا الافرازية عما حولها من خلايا البشرة ، باتخاذها شكلا عماديا أو حلميا ، وباحتوائها على سيتوبلازم أكثر كثافة . ويرشح الرحيق خلال الجدار ويظهر على السطح الخارجى للغدة الرحيقية . والخلايا الافرازية فى سطوح المياسم ، ذات طبيعة مماثلة لتلك التى توجد فى الغدد الرحيقية ، وان كانت فى أغلب الأحيان غير واضحة التميز عن خلايا البشرة العادية .

والغـــدد الرحيقية الحاجزية ، فى كثير من أزهار ذوات الفلقة الواحـــدة ، هى عبارة عن جيوب فى الجدر الحاجزية للمبايض المتحدة الكرابل ، حيث يكون الاتحاد غير تام وخلايا البشرة غدية . وقد تكون هذه الغدد بسيطة ، أو تكون عبارة عن تجاويف تشبه الشق ، أو جيوب عميقة ذوات مسالك قنوية الشكل تصل الى سطح المبيض .

---

(١) Dionaea

(٢) Pinguicula

(٣) Euphorbiaceae

الأجهزة الدمعية : توجد فى كثير من النباتات منـــاطق متحورة التركيب ، يخرج منها الماء فى الظروف التى يكون فيها النتح قليلا ، ورطوبة التربة عالية . وتعرف هذه المناطق بالأجهزة الدمعية ، ويطلق عليهـــا أحيانا الفتحات المائيـــة أو الثغور المائية . وتعتبر الأجهزة الدمعية من الوجهة الشكلية ، ثغورا كبيرة تقوم بافراز الماء . أما من الوجهة التركيبية فقد تشبه الثغور تماما ، الا أنها تكون فى العادة على درجة عالية من التخصص التركيبى . وهذه التراكيب لا « تفرز » السائل بل تهيىء الفتحات التى يتسرب خلالها وتنظمها فقط . وتوجد الثغور الدمعية عادة عند أطراف الأوراق ، كما فى النجيليات ، وعند قمم الأسنان فى حواف الأوراق ، وفى أماكن أخرى ، وأكثر ما توجد فى نباتات البيئات الرطبة .

القنوات الراتنجية والزيتية والصمغية : توجد فى عاريات البذور بوجه عام ، وفى كثير من فصائل كاسيات البذور ، مواد راتنجية ، وزيتية ، وصمغية ، ومواد أخرى تفرز فى قنوات وتنتقل خلالها . وفى بعض النباتات ، كالصنوبر ، قد تكون هـــذه الأنابيب أو القنوات أجهزة بالغـــة الطول تمتد فى كلا الاتجاهين الرأسى والأفقى . وفى نباتات أخرى قد تكون الأنابيب موضعية محدودة الاتساع ، كما فى ثمار الفصيلة الخيمية[١] . والقنوات الراتنجية فى جنس الصنوبر والأجناس الوثيقة الصلة به ذات طبيعة انفصالية . وعند نضجها تكون أنبوبية التركيب ، تبطنها طبقة طلائية (شكل ٥٥ ب ، هـ) . وتشبه هذه القنوات فى طبيعتها القنوات الزيتية فى الفصيلة الخيمية (شكل ٥٥ هـ) . والخلايا الافرازية التى تبطن هذه التجاويف هى خلايا برنشيمية رقيقة الجدر ، كثيفة البرتوبلازم . وهذه الخلايا تكون بوجه عام مستطيلة فى الاتجاه الطولى ، تمتد موازية للمحور الطولى للقناة . والمواد المفرزة متنوعة فى طبيعتها ، وفى بعض النباتات — مثل المواد الراتنجية فى جنس الصنوبر والاجاث[٢] (صمغ الكاورى) ، وبعض الزيوت العطرية — تكون ذات أهمية اقتصادية كبيرة .

وثمة نوع آخر من الغدد ، هو ذلك الموجود فى قشرة ثمار الحمضيات — الموالح — (شكل ٥٥ هـ) . وتوجد فى هذه الحالة فجوة انقراضية ، ممتلئة بالزيت العطرى ، ومواد أخرى ، تكونت نتيجة تحلل الخلايا ، وكافرازات محدودة

---

(١) Umbelliferae

(٢) Agathis

تكونت قبل انقراض الأنسجة . على أن مصدر هذا الافراز ليس معروفا على وجه الدقة . وتعتبر هذه الغدد مصدر الزيوت العطرية فى الليمون والبرتقال .

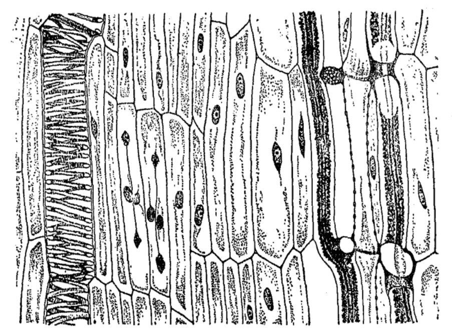
القنوات اللبنية : يوجد اللبن النباتى ، فى عدد كبير من فصـائل كاسيات البذور . وتبدو هذه المادة كسائل أبيض أو أصفر أو ضارب الى الحمرة ، وهو لزج قليلا فى بعض الأحيان ، وهو عبارة عن مستحلب من البروتين ، والسكريات والأصماغ ، والقلوانيات ، والانزيمات ، والمطاط ، ومواد أخرى معلقة فى وسط مائى سائل . وقد توجد به حبيبات نشوية كثيرة . أما وظيفة اللبن النباتى فغير معروفة على وجه التحديد . ومن الواضح أنه يفرز بوساطة الخلايا التى تحتوى عليه ، كما أنه ينتقل خلالها الى سائر أجزاء جسم النبات . واللبن النباتى فى بعض النبـاتات يكون على درجة كبيرة من الأهميـة وعلى الأخص كمصدر للمطاط (جنسا هفيا[١] وفيكس[٢] ، الخ) ، والعلك (جنس السبوت[٣]) ، والبابين (جنس البابار[٤]) ، وغيرها من المواد . والقنوات اللبنية على نوعين — نوع يعرف بالقنوات اللبنية غير المفصلية ، أو الخلايا اللبنية ، ويعرف الآخر بالقنوات اللبنية المفصلية أو الأوعية اللبنية . وتتشابه وظيفة هذين النوعين من القنوات ومحتوياتهما الى حد كبير ، الا أن طبيعتهما الشكلية وتكوينهما مختلفان .

القنوات اللبنية غير المفصلية : هذه القنوات عبارة عن خلايا منفردة ، امتدت على هيئة تراكيب متشعبة . لمسافات طويلة ، خلال جسم النبات (شكل ٥٧) . والجدر ملساء غليظة غالبا ، ويحتوى السيتوبلازم على عدد كبير من النوى . وتنشأ هذه القنوات كخلايا انشائية صغيرة توجد بين الخلايا الأخرى للنسيج الانشائى الأولى . وتستطيل هذه الخلايا بسرعة ، وتستمر أطرافها فى النمو مع المرستيم المحيط ، متغلغلة بين الخلايا الجديدة . وهى تتفرع وتمتد خلال جميع أنسـجة النبـات ، وقد تمتد فى بعض الأجنـاس (جنس كربتوستجيا)[٥] خلال الخشب الثانوى . وعلى الرغم من أن فروع خلية ما قد تلتقى بفروع خلية أخرى ، فانه لا يحدث بينها تشابك على الاطلاق .

---

(١) Hevea
(٢) Ficus
(٣) Achras
(٤) Carica
(٥) Cryptostegia

ويعرف من هذه القنوات غير المفصلية نوعان تتركز الاختلافات بينهما فى العدد بالنسبة للنبات الواحد ، ومكان نشأتهما ، ومقدار امتدادهما فى جسم النبات أكثر مما هى عليه فى التركيب والوظيفة . ففى أحد الطرازين تنشأ الخلايا مرة واحدة داخل الجنين ويكون عددها قليلا . وتأخذ هذه الخلايا القليلة فى الامتداد مع الأنسجة الانشائية ، وتتشعب خلال النبات كله . وتوجد قنوات هذا النوع فى



(شكل ٥٧)

قطاع قطرى مار خلال منطقة الكمبيوم النامى ، فى جذر أحد أنواع الهندباء البرى[١] . ويوجد الى اليسار وعاء سلمى بالغ من الخشب الاول ، جدره الطرفية المستعرضة ذات ثقوب بسيطة ، وفى الوسط ، يوجد الكمبيوم ومشتقاته الحديثة ، والانقسام الخلوى فى اثنتين من خلاياه غير كامل ، والفراجموبلاسات[٢] البلاستيدات الحاجزية متجهة ناحية الجدر الطرفية ، والى اليمين ، يوجد لحاء بالغ يتركب من أنابيب غربالية ، وقنوات لبنية مفصلية (مركبة) ، وبرنشيمة اختزانية .

(عن ارتشويجر وماك جوير)

الفصيلة العشارية[٣] ، ومعظم نباتات الفصيلتين الأبوسينية[٤] والسوسبية[٥] ، وغيرها من الفصائل الأخرى . أما قنوات الطراز الآخر فتنشأ مرارا فى الأنسجة الانشائية . وتتشعب فى الأنسجة الملاصقة ، الا أن نموها يكون محصورا فى سلامية

---

(١) Taraxacum

(٢) fragmoplastids

(٣) Asclepiadaceae

(٤) Apocynaceae

(٥) Euphorbiaceae

واحدة ، وفى الورقة والفرع المتصلين بها . وتوجد قنوات هذا الطراز فى فصيلة الحريق وبعض نباتات الفصيلة الأبوسينية (جنس الونكة[١]) .

القنوات اللبنية المفصلية : وتنشأ هذه القنوات فى الأنسجة الانشائية ، من الخلايا بذوبان الجدر الفاصلة بينها ، كليا أو جزئيا ، فى المراحل الأولى من تكوين الخلايا . ونتيجة لاستمرار تفرع هذه القنوات ، وكثرة تشابكها ، يتكون جهاز على درجة كبيرة من التعقيد . وتشبه قناة هذا الطراز الوعاء الخشبى من حيث أنها تتكون من صف من الخلايا اتحدت لتكون أنبوبة بذوبان الجدر ، الا أن الأنبوبة اللبنية تكون حية وغير مجزأة . ويوجد هذا النوع من القنوات فى الفصيلة الخشخاشية[٢] (نبات الخشخاش[٣]) ، وفصيلة الباباز[٤] (نبات الباباز) ، والفصيلة المركبة (نبات هندباء البر[٥]) ، والفصيلة الموزية (الموز) وجنس الهفيا (شجرة المطاط البرازيلية) .

REFERENCES – المراجع

See also Chaps V, VII, and VIII for references to vascular tissues.)

ABBE, L. B., AND A. S. CRAFTS: Phloem of white pine and other coniferous species, *Bot. Gaz.*, **100**, 695-722, 1939.

ALEXANDROV, W. G. AND K. J. ABESSADYE; Ueber die Struktur der Seitenwande der Siebrohren, *Planta,* **3**, 77-89, 1927.

ANDERSON, D. B. :A microchemical study of the structure and development of the flax fibers, *Amer. Jour. Bot.,* **14**, 187-211, 1927.

ARTSCHWAGER, E. F.: Anatomy of the vegetative organs of the sugar beet, *Jour. Agr. Res.*, **33**, 143-176, 1926.

——: Contribution to the morphology and anatomy of guayule *(Parthenium argentatum), U.S.D.A. Tech. Bull.* 842, 1-33, 1943.

---

(١) Vinca

(٢) Papavaraceae

(٣) poppy

(٤) Caricaceae

(٥) dandelion

- – – : Contribution to the morphology and anatomy of Cryptostegia *(Cryptostegia grandiflora), U.S.D.A. Tech. Bull.* 915, 1946.

– – –, AND R. C. MCGUIRE : Contribution to the morphology and anatomy of the Russian dandelion *(Taraxacum kok-saghyz), U.S.D.A. Tech. Bll.* 843, 1943.

BAILEY, I. W. : The effect of the structure of wood upon its permeability, 1. *Amer. Ry. Assoc. Bull.* 174, 1915.

– – – –: The structure of the bordered pits of conifers and its bearing on the tension hypothesis of the ascent of sap in plants, *Bot. Gaz.*, **62**, 133-142, 1916.

– ––: The problem of differentiating and classifying tracheids, fiber-tracheids, and libriform wood fibers, *Trop. Woods*, **45**, 18-23, 1936.

– ––: The development of vessels in angiosperms and its significance in morphological research, *Amer Jour. Bot.*. **31**, 421-428, 1944.

BARANETZKI, J. : Èpaississement des parois des éléments parenchymateux, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 *sér.*, **4**, 134-201, 1886.

BEAUREGARD, H. : "Des Organes glandulaires des végétaux," 108 p. Paris, 1879.

BEHRENS, W. J. : Die Nectarien der Bluthen, *Flora*, **37**, 2-11, 17-27, 49-54, 81-90, 113-128, 145-153, 233-240, 241-247, 305 314, 369-375, 433-457, 1879.

BLASER H. W. : Anatomy of *Cryptostegia grandiflora* with special reference to the latex system, *Amer. Jour. Bot.*, **32**, 135-141, 1945.

BONNIER, G. : "Les Nectaires," Bibliothèque de l'Académie de Médecine, Paris 1879.

CHEADLE, V. I. : The occurrence and types of vessels in the various organs of the plant in the Monocotyledoneae, *Amer. Jour. Bot.*, **29**,441-450, 1942.

–––: The origin and certain trends of specialization of the vessel in the Monocotyledoneae, *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 11-17, 1943.

–––: Vessel specialization in the late metaxylem of the various organs in the Monocotyledoneae. *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 484-490, 1943.

– – – –: Specialization of vessels within the xylem of each organ in the Monocotyledoneae, *Amer. Jour. Bot.*, **31**, 81-92, 1944.

–––: AND N. B. WHITFORD : Observations on the phloem in the Monocotyledoneae. I. The occurrence and phylogenetic specialization in structure of the sieve tubes in the metaphloem, *Amer. Jour. Bot.*, **28**, 623-627, 1941.

DANGEARD, P. A. : Essai dur l'anatomie comparée du liber interne dans quelques familles de dicotyledones. *Le Botaniste,* **17,** 225-364, 1926.

ESAU, K. : Ontogeny of phloem in the sugar beet *(Beta vulgaris),* *Amer. Jour. Bot.* **21,** 632-644, 1934.

——: Ontogeny and structure of collenchyma and of vascular tissues in celery petioles, *Hilgardia,* **10,** 431-467, 1936.

——: Vessel development in celery, *Hilgardia,* **10,** 479-488, 1936.

——: Ontogeny and structure of the phloem of tobacco, *Hilgardia,* **11,** 343-406, 1938.

——: The multinucleate condition in fibers of tobacco, *Hilgardia,* **11,** 427-434, 1938.

——: Development and structure of the phloem tissue, *Bot. Rev.,* **5,** 373-432, 1939.

——AND W. B. HEWITT : Structure of end walls in differentiating vessels, *Hilgardia,* **13,** 229-244, 1940.

FOSTER, A. S. : Structure and development of sclereids in the petiole of *Camellia japonica* L., *Bull. Torrey Bot. Club,* **71,** 302-326, 1944.

——: Origin and development of sclereids in the foliage of *Trochodendron aralioides* Sieb. and Zucc., *Amer. Jour. Bct.,* **32,** 456-468, 1945.

FREY-WYSSLING, A. : Saftergusses aus turgeszenten Kapillären, *Ber. Schweiz. Bot. Ges.,* **42,** 254-283, 1933.

FRITSCHÉ, E. : Recherches anatomiques sur le *Taraxacum vulgare* Schrk., *Arch. Inst. Bot. Liège.,* **5,** 1-24, 1914.

FROST, F. H. : Histology of the wood of angiosperms, I. The nature of the pitting between tracheary and parenchymatous elements, *Bull. Torrey Bot. Club,* **56,** 259-263, 1929.

——: Specialization in secondary xylem of dicotyledons, I. Origin of vessel, *Bot. Gaz.,* **89,** 67-94. 1930.

——: Specialization in secondary xylem of dicotyledons, II. Evolution, of end wall of vessel segment, *Bot. Gaz.,* **90,** 198-212, 1930.

——: Specialization in secondary xylem of dicotyledons, III. Specialization of lateral wall of vessel segment, *Bot. Gaz.,* **91,** 88-96, 1931,

GAUCHER, L. : Du rôle des laticifères, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 8 sér., **12.** 241-260, 1900.

HANDLEY, W. R. C. : Some observations on the problem of vessel length determination in woody dicotyledons, *New Phyt.,* **35,** 456-471, 1936

Hill, A. W. : The histology of the sieve tubes of angiosperms, *Ann. Bot.*, **22**, 245-290, 1908.

Huber, B. : Das Siebrohresystem unserer Bäume und seine jahreszeitlichen Veränderungen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **88**, 176-242, 1939.

Krotkov, G. : A review of literature on *Taraxacum kok-saghyz* Rod., *Bot. Rev.*, **11**, 417-461, 1945.

Leblois, A. : Recherches sur l'origine et le développement des canaux sécréteurs et des poches sécrétrices, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **6**, 247-330, 1887.

Leemann, A. : Das Problem der Sekretzellen, *Planta*, **6**, 216-233, 1928.

Léger, L. J. Recherches sur l'origine et les transformations des éléments libériens, *Mém. Soc. Linn. Normandie*, **19**, 40-182, 1897.

Lehmann, C. : Studien uber den Bau und die Entwicklungsgeschichte von Olzellen, *Planta*, **1**, 343-373, 1925.

MacDaniels, L. H. : The histology of the phloem in certain woody angiosperms, *Amer, Jour. Bot.*, **5**, 347-378, 1918.

Martinet, J. : Organes de sécrétion des végétaux, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 5 sér., **14**, 91-232, 1872.

Mayberry, M. W. : Hydrocarbon secretions and internal secretory systems of the Carduaceae, Ambrosiaceae, and Cichoriaceae, *Bull. Univ. Kansas*, **37**, 71-112, 1936.

Müller, C. : Ein Beitrag zur Kenntnis der Formen des Collenchyms *Ber. Deut. Bot. Ges.*, **8**, 150-166, 1890.

Peirce, G. J. : Water and plant anatomy, *Proc. Calif. Acad. Sci.*, **25**, 215-220, 1944.

Rendle, B. J. : Gelatinous wood fibers, *Trop. Woods*, **52**, 11-19, 1937.

Schaffstein, G. : Untersuchungen an ungegliederten Milchröhren, *Beih. Bot. Centralbl.*, **49**, 197-220, 1932.

Scott, D. H. : The development of articulated laticiferous vessels, *Quart. Jour. Micro. Sci.*, new ser., **22**, 136-153, 1882.

Scott, F. M. : Differentiation in the spiral vessels of *Ricinus communis*, *Bot. Gaz.*, **99**, 69-79, 1937.

Sperlich, A. : Das trophische Parenchym. B. Excretionsgewebe, *In* Linsbauer, K. : " Handbuch der Pflanzenanatomie, " IV., 1939.

Struckmeyer, B. E., and R. H. Roberts : Phloem development and flowering, *Bot. Gaz.*, **100**, 600-606, 1939.

TETLEY, U. : The secretory system of the roots of the Compositae, *New Phyt.*, 24, 138-161, 1925.

TOBLER, F. : Die mechanischen Elemente und des mechanische System, *In* Linsbauer, K. : " Handbuch der Pflanzenanatomie, " IV, 1939.

VESTAL, P. A. AND M. R. VESTAL : The formation of septa in the fiber-tracheids of *Hypericum Androsaemum* L., *Bot. Mus. Lfts.*, *Harvard Univ.*, 8, 169-188, 1940.

WILSON, C. L. : Lignification of mature phloem in herbaceous types, *Amer. Jour. Bot.*, 239-244, 1922.

WORSDELL, W. C. : On "transfusion-tissue" : its origin and function in the leaves of gymnospermous plants, *Trans. Linn. Soc. Bot.*, 2 ser., 5, 301-319, 1897.

ZIMMERMAN, J. G. : Uber die extrafloralen Nektarien der Angiospermen, dissertation, Dresden, 1932.

الفصل الخامس

الجسم الابتدائى

الأنسجة والأجهزة النسيجية الابتدائية

يتميز الجنين النامى للنبات الوعائى ، فى وقت مبكر ، الى محور وأطراف ثم يتميز المحور بعد ذلك بوقت قصير الى ساق وجذر ثم تنمو هذه الأجزاء بسرعة (باستثناء فترة السكون الخاصة بانبات البذور) حتى يتم نضجها . وتبقى قمم الجذر والساق مرستيمية ، أما الأطراف فتنضج بأكملها اذ أن نموها محدود . ويستثنى من النمو المستمر للمحور ما يحدث مثلا فى الأزهار والأشواك والجذور المتخصصة ولكن عادة يكون النمو القمى غير محدود وبوساطة هذا النمو تزداد الساق والجذر فى الطول كما تضاف كذلك التراكيب الجانبية كالأطراف وأفرع الساق أما أفرع الجذر فتنمو بطريقة أخرى (انظر الفصل العاشر) . وتتكون الجذور والسوق العرضية دائما من أنسجة مرستيمية جديدة تظهر فى الأنسجة الدائمة .

وتقوم الأنسجة المرستيمية القمية ، ببناء الأجزاء الجديدة من الساق والجذر ، وتكوين الأطراف ، وبمرور الزمن تصبح هذه الأجزاء الجديدة لجسم النبات كاملة ، من حيث تركيبها ومن حيث أدائها لوظيفتها ، على الأقل مؤقتا ، وتكون « جسم النبات الابتدائى » أما الأنسجة الثانوية التى تكون جسم النبات الثانوى ، فتضاف بعد ذلك . وتعتبر هذه الأنسجة الأخيرة اضافية فقط ، اذ أنها تحل محل بعض الأنسجة الابتدائية أو تدعمها تركيبيا أو فسيولوجيا ، فهذه الأنسجة الثانوية اما أنها تزيد من حجم الأنسجة الابتدائية الموجودة ، كما فى حالتى الخشب واللحاء أو أنها تضيف نوعا جديدا من الأنسجة ، يستطيع أن يقوم مقام نسيج ابتدائى ، مختلف عنه فى النوع ، كما فى حالة الفلين .

فالجسم الابتدائى ، هو الوحدة الشكلية الأساسية ، أما تكوين الجسم الثانوى فلا يغير التركيب الشكلى ، ولكنه قد يحجبه الى حد ما . فعندما يتم النمو

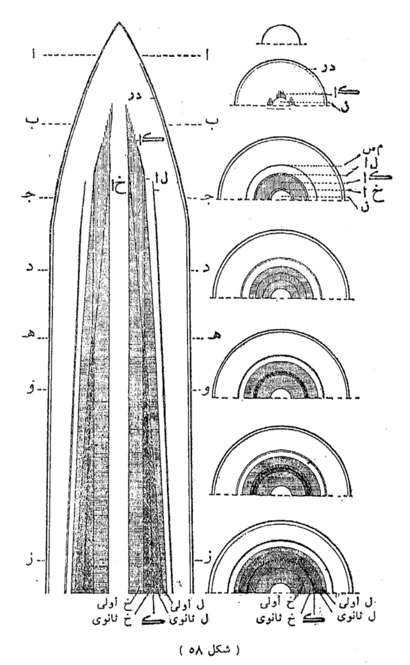
الابتدائى تكون قد تكونت جميع الأجزاء والأنسجة الأساسية لجسم النبات ، ففى المحور تتكون الأسطوانة المركزية بما فيها من خشب ولحاء ونخاع وبريسيكل ، واندودرمس ، وتتكون أيضا القشرة والبشرة ، ويوجد فى الورقة مثل هذه المناطق والأنسجة . وتختلف هذه الأجزاء اختلافا بينا من نبات لآخر ومن جزء الى آخر فى نفس النبات . فمثلا تترتب الأنسجة الوعائية للأسطوانة المركزية فى نبات ما بطريقة تختلف كلية عنها فى نبات آخر ، كما أنها تختلف فى عقدة ما عنها فى السلامية المجاورة لها . هذه التغيرات فى التراكيب الكبيرة ستعالج فى فصل قادم ولكن تقتصر الدراسة الحالية فى هذا الفصل على الصفات التشريحية والنسيجية للمناطق والأنسجة الابتدائية .

التطور التكوينى للمحور[1] :

تقع الخلايا القمية وهى الخلايا المنشئة الدائمة عند أو قرب طرف المحور وتقوم هذه الخلايا بتكوين منشئات المناطق الأخرى كلها (شكل ٥٨) وهذه الخلايا القمية متشابهة الى حد كبير من عدة وجوه وتكون منطقة يكاد لا يبدو فيها أى تباين نسيجى وتسمى المرستيم البدائى (راجع الفصل الثالث) انظر شكل ٥٨ ا — ا وتتغير خلايا النسيج الأولى كلما تقدمت بها السن فى الشكل والحجم وغلظ الجدر ، وذلك تبعا لنوع الخلايا التى ستنشأ منها . وبهذه الخطوة ينتقل المرستيم الأولى الى مرستيم آخر ، يمتاز بظهور بعض التباين الخلوى ويتحول هذا المرستيم الأخير بعد ذلك الى النسيج المستديم ، وبذلك يمكن اذا تتبعنا نمو أية مجموعة من الخلايا فاننا نجدها تمر بهذه المراحل المختلفة ، ولما كان المحور ينمو نموا قميا ، وتتكون باستمرار أجزاؤه التركيبية المختلفة فان المراحل المتعاقبة التى تمر بها أية مجموعة من الخلايا بمرور الزمن تظهر على أبعاد متدرجة من القمة . وبتعبير آخر ، فانه يمكن تتبع التطور ، الذى يمر به أى جزء من أجزاء المحور ، منذ نشأته حتى تمام نموه ، وذلك بتتبع المراحل المختلفة المتدرجة مبتدئين من القمة (ولا تنطوى الاختلافات فى تركيب العقد والسلاميات تحت هذا الاعتبار) ويبدو واضحا من هذا أن مجموعة متتابعة من القطاعات العرضية فى المحور مبتدئة من القمة تدريجيا يمكنها أن تعطى صورة للتطور الذى يمر به القطاع العرضى للمحور ويبدو فى شكل ٥٨ سلسلة متتالية من هذه القطاعات ، كما يظهر

---

(١) يحتوى الفصل الثالث على دراسة أكثر تفصيلا للمراحل الأولى لنشأة المحور .



(شكل ٥٨)

أشكال تخطيطية تبين نمو الساق (مع حذف منشئات الأوراق والمسيرات والفرجات الورقية والتباين العقدى) : (ا) قطاع طولى فى قمة محور نام.(ب) قطاعات عرضية فى المحور عند المستويات ا ـ ا ، ب ـ ب،...الى ز ـ ز فعند ا ـ ا يكون المحور فى جملته مرستيما أوليا وعند ب ـ ب يكون منشىء البشرة (ش) والكمبيوم الأولى (ك ا) والنخاع (ن) فى مراحل نموها الأولى . وعند جـ ـ جـ يكون الكمبيوم الأولى أسطوانة كاملة وتتحول الأجزاء الخارجية منه الى لحاء أول (ل ا) والداخلية الى خشب أول (خ ا) وتظهر الاندودرمس (م) وعند د ـ د ينقص الكمبيوم الأولى اذ تتحول أجزاء كبيرة منه الى خشب ولحاء وعند هـ ـ هـ تتحول الطبقة المتبقية من الكمبيوم الأولى الى كمبيوم وتتكون أول خلايا من اللحاء الثانوى (ل ث) والخشب الثانوى (خ ث) وعند و ـ و تزداد كمية الأنسجة الثانوية وينقص اللحاء الابتدائى (ل ا ب) بالتفتت ويتحرك الكمبيوم للخارج وعند ز ـ ز يحدث نمو ثانوى جديد

فى نفس الشكل أيضا قطاع طولى يوضح التدرج المنتظم فى ظهور الأنسجة المختلفة وتمام نموها . ولكى يمكن ادراك التركيب الابتدائى لابد من فهم كيفية ظهور الأنسجة المختلفة ونضجها مع مرور الزمن ، كما أن الظهور التدريجى المنظم واضح فى القطاع الطولى للقمة النامية للمحور والظاهر فى نفس الشكل .

ولا تتم عملية التحول ، من الحالة المرستيمية الى الحالة المستديمة ، فى أى مستوى من مستويات المحور فى وقت واحد ، بمعنى أن الأنسجة المرستيمية قد تتداخل مع الأنسجة المستديمة وتوجدان معا فى مستوى واحد ، فمثلا فى شكل ٥٨ ج — ج يبدو النخاع وجزء من الأنسجة الوعائية ، وقد تم نضجها فى حين أن الخلايا المجاورة لها والمحيطة بها ما زالت فى طور الكمبيوم الأولى والمرستيم الأولى ، لم تنضج بعد . كما قد يحدث ألا يتم النمو الابتدائى لجزء ما من المحور قبل بدء النمو الثانوى ، وبذلك تتراكب مراحل النمو وعلى هذا الأساس ، لا يمكن وضع حدود فاصلة للمرستيم الأولى أو القمم الابتدائية بل يمكن فقط تحديدها بالتقريب .

وتكون معظم الأنسجة فى الأطراف ابتدائية ، وقد تكون كلها ابتدائية فى الأوراق ، الا أن العروق الكبيرة كثيرا ما تحتوى على أنسجة ثانوية (دراسة التطور التكوينى للورقة بالفصل الثانى عشر) .

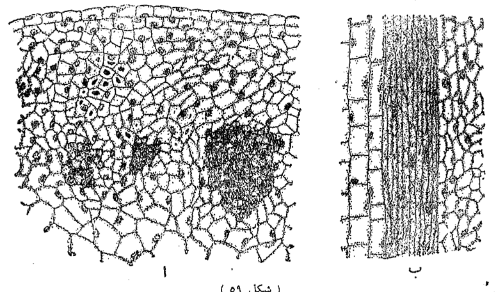
النسيج الوعائى الابتدائى

الكمبيوم الأولى :

عند تميز المحور والورقة من النسيج المرستيمى الأولى ، تتكون طبقة خارجية من صف واحد من الخلايا ، وظهور هذه الطبقة هو أول علامة لتعقد التركيب فى العضو البالغ . ولكن الخلايا الأولى التى يتم نضجها سواء فى الورقة أو فى المحور تنتمى الى النسيج الوعائى . ففى المرستيم الأولى الذى يتكون من خلايا متساوية الأبعاد ومتشابهة تماما ، تتكون أشرطة من خلايا مستطيلة ضيقة ، تحتوى على سيتوبلازم كثيف ، وذلك عن طريق انقسامات طولية مستمرة وهذه الأشرطة المرستيمية تكون اللحاء الابتدائى والخشب الابتدائى وتسمى الكمبيوم الأولى [1]

(١) وقد استعمل حديثا التعبيران « النسيج الوعائى الأولى » ، « المرستيم الوعائى الأولى » بدلا من « الكمبيوم الأولى » .

(ويستعمل التعبير « الكمبيوم الأولى » هنا ليدل على النسيج المرستيمى الذى يكون الوحدات الوعائية المورفولوجية ، ولا يطلق على أى خلايا مرستيمية طويلة تشبه الكمبيوم فى شكلها) . ويحدد شكل وترتيب أشرطة الكمبيوم الأولى تركيب الهيكل الوعائى الابتدائى . ويظهر الكمبيوم الأولى كأشرطة منعزلة عادة ، على بعد بضعة ميكرو ملليمترات من قمة الساق أو الجذر . ونظرا لأن النمو هنا قمى — قاعدى ، فان هذه الأشرطة تتصل بالأشرطة الأكبر سنا ثم بالأنسجة الوعائية البالغة فى المناطق البالغة .



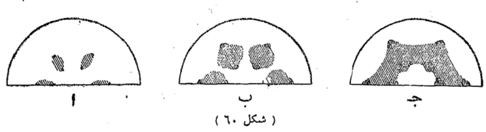
(شكل ٥٩)

قطاع عرضى وقطاع طولى فى قمة ساق الكتان يبينان الكمبيوم الأولى ويلاحظ أن خلايا الكمبيوم الأولى ضيقة فى القطر ولكنها مستطيلة وبها سيتوبلازم أكثر غزارة منه فى الخلايا المجاورة (.ويظهر فى المرحلة المبينة هنا أن خلايا النخاع قد كبرت فى الحجم ولم تعد مرستيمية)

وتزداد أشرطة الكمبيوم الأولى فى الغلظ ، نتيجة للانقسام فى الخلايا داخلها ، وأيضا لتكوين خلايا جديدة على حدودها ، بواسطة تحول بعض الخلايا المرستيمية المجاورة ، وقد تظهر بعض الأشرطة الأخرى فى مواضع أخرى من المرستيم الأولى وقد تزداد هذه الأشرطة فى الحجم ، حتى تلتحم بعضها أو كلها ، وتتكون بذلك أسطوانة جوفاء أو عمود مركزى أصم ، وبذلك يتخذ فى النهاية هيكل الكمبيوم الأولى شكل الهيكل الوعائى لتلك المنطقة من جسم النبات . ولا تكون مجموعة الكمبيوم الأولى فى أى وقت من الأوقات كلها مرستيمية وذلك لأن الخلايا الأكبر سنا منها ، تتحول مباشرة الى خلايا لحاء أو خلايا خشب قبل أن تظهر الخلايا الحديثة من الكمبيوم الأولى بزمن طويل .

ولما كانت هذه الخلايا تتكون على شكل شريط ، لذلك فانها تزداد فى الطول الى حد كبير ، وتصبح نهاياتها مذببة ، وترتبط الزيادة فى الطول مع درجة استطالة المنطقة التى تقع فيها هذه الخلايا ، وبذلك يستطيع هذا النسيج أن يساير الزيادة فى الأنسجة المجاورة مع حدوث بعض الانقسامات العرضية القليلة . كما أن الخلايا التى تنضج بعد ذلك يزداد حجمها عن سابقاتها تدريجيا ، وتنعكس هذه التغييرات فى طول وغلظ هذه الخلايا ، على حجم وشكل الخلايا الوعائية المتكونة منها ، فالعناصر الأولى من أنابيب غربالية وأوعية وقصيبات تكون قصيرة وغاية فى النحافة ، فى حين أن الخلايا التى تنضج بعد ذلك ، تزيد عنها فى الطول والغلظ ، وان لم يظهر هذا الفرق واضحا فى الطول نتيجة لاستطالة الخلايا الأولى .

وبنمو الكمبيوم الأولى ، يزداد عضو النبات فى الغلظ ، وتتضاعف خلايا المرستيم الأولى ، وتزداد فى الحجم ، وبذلك تتغير أوضاع الأشرطة تبعا لذلك بالنسبة لبعضها البعض وبالنسبة لمركز عضو النبات كما أن تكون خلايا جديدة داخل الأشرطة يسبب تغير مواضع الخلايا ولا سيما الواقعة على حدود هذه الأشرطة ، ولذلك فان خلايا الخشب وخلايا اللحاء التى تصل الى كمال النضج على الحواف الداخلية والخارجية للأشرطة النحيفة ، تتباعد — مع استمرار النمو — عن بعضها البعض ، كلما ازداد الشريط فى الحجم (شكل ٦٠) وأول



(شكل ٦٠)

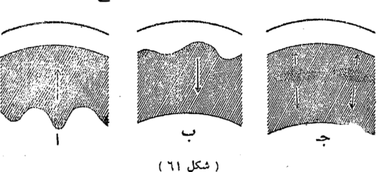
أشكال تخطيطية تبين مراحل تكوين أسطوانة الكمبيوم الأولى من المرستيم الأولى : (ا) ظهور أول كمبيوم أولى فى المرستيم الأولى على شكل أشرطة . (ب) زيادة أشرطة الكمبيوم الأولى فى الغلظ مقتربا الواحد من الآخر ، كما أن الأجزاء المسنة فيها (للخارج وللداخل) قد تحولت الى لحاء وخشب (جـ) اتحاد أشرطة الكمبيوم الأولى من الجوانب وتحول كمية أخرى من الكمبيوم الى لحاء وخشب . وفى المرحلة التالية،يكون الكمبيوم الأولى قد تحول جميعه الى نسيج وعائى،مكونا أسطوانة وعائية ابتدائية

خلايا يتم نضجها فى الشريط الحديث ، هى خلايا اللحاء ، تتبعها خلايا الخشب . وتقع خلايا اللحاء الأولى قريبا من قمة الساق أو الجذر ، على بعد بضعة ميكرونات وغالبا أقل من ملليمتر واحد (شكل ٤٢) .

ويكون اتجــاه النضج طوليا فى خلايا اللحــاء اتجاها قميا قاعديا كنضج الكمبيوم الأولى ، ولكنه فى الخشب قمى قاعدى وقاعدى قمى معا ، مبتدئا من نقطة أو أكثر . ويكون لنضج الشريط الكمبيومى الأولى اذا تتبعناه فى القطاع العرضى من التحديد والتناسق ما يجعله من المميزات الهــامة للنسيج الوعائى الابتدائى . فنقط ابتداء تكون الخلايا وترتيب نموها تعتبران المميزات الثابتة لبعض أعضاء النبات بالنسبة للمجموعات النباتية الكبيرة . اذ تبلغ الخلايا الأولى للخشب واللحــاء على الحواف الداخلية والخارجيــة للأشرطة وتنفصل قطريا بواسطة الكمبيوم الأولى فى السوق والأوراق (شكل ٦٠) ومماسيا بواسطة المرستيم الأولى فى الجذور . ويتدرج النضج من نقطة البدء قطريا وجانبيا فى السوق والأوراق . أما فى الجذور فيكون التدرج كله أو معظمه فى الاتجاه القطرى .و بعد أن تتم الخلايا الوعائية الأولى نضجها ينقسم المرستيم الأولى داخل الحزمة ، فى اتجاهات تؤدى الى ترتيب الخلايا التى تتكون بعد ذلك فى صفوف قطرية ، وهذا ما يحدث فى الأعشاب والكروم والنباتات الخشبية لبعض الفصائل الراقية .

النمو للداخل والنمو للخارج :

يسمى النمو القطرى للخلايا الوعائية البالغة فى شريط كمبيومى أولى فى اتجاه مركز المحور ، يسمى بالنمو للداخل (شكل ٦١ ب) ويسمى النمو عكس هذا الاتجاه بالنمو للخارج (شكل ٦١ ا) فنمو اللحاء ، أغلب الظن أن يكون دائما للخارج ، فى حين أن نمو الخشب يكون أحيانا للخارج وأحيانا للداخل .



(شكل ٦١)

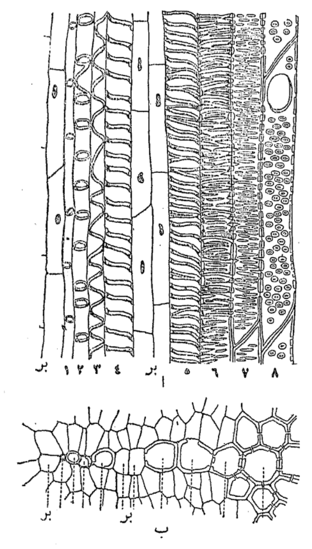
أشكال تخطيطية تبين اتجاه نمو النسيج الوعائى الابتدائى فى قطاع عرضى لعضو نبات (ا) للخارج (ب) ـ للداخل . (جـ) للخارج وللداخل معا . وقد تبين هذه الأشكال أيضا أنواع الخشب من حيث اتجــاه تكوينها أى : (ا) داخلى (ب) خارجى (جـ) وسطى

وقد تقع الخلايا الأولى بالقرب من المركز وليست على حافة الكمبيوم الأولى وبذلك يكون النمو للداخل وللخارج أيضا . ففى حالة الخشب عندما يكون النمو للداخل يسمى الخشب المتكون « خشبا خارجيا » وتسمى المجموعة الخشبية فى هذه الحالة « خارجية الخشب الأول » (شكل ٦١ ب) أما عندما يكون النمو للخارج يتكون « خشب داخلى » وتسمى المجموعة الخشبية فى هذه الحالة « داخلية الخشب الأول » (شكل ٦١ ا) . وعندما يكون النمو فى الاتجاهين للخارج وللداخل معا ، بغض النظر عن قلة الخشب المتكون فى اتجاه عن الاتجاه الآخر ، يسمى الخشب « خشبا متوسطا » (شكل ٦١ ج) (ولا بد من اعتبار اتجاه النمو دائما بالنسبة لمركز المحور وليس لمركز الحزمة الوعائية) ويشير التعبيران « نمو للداخل » ، و « نمو للخارج » الى تتابع ظهور ونضج خلايا الكمبيوم الأولى فى اتجاهات محددة ولا يعنيان النمو فى اتجاه تكون خلايا جديدة وتميز الخشب الى خارجى ، وداخلى ، ومتوسط ذو أهمية مورفولوجية وتطورية ذلك لأن كل نوع من هذه الأنواع يميز أعضاء معينة أو أجزاء من أعضاء بذاتها ، كما أنه ينحصر فى توزيعه ، الى حد ما داخل المجموعات النباتية الكبيرة . فمثلا يكون الجذر دائما خارجى الخشب الأول ، والساق فى النباتات البذرية داخلية الخشب الأول ، والمحور فى الحزازيات الصولجانية وتريديات ذيل الحصان ، خارجى الخشب الأول ، أما الخشب المتوسط فشائع فى السرخسيات ونادر فيما عدا ذلك .

العناصر الوعائية الأولى — اللحاء الأول والخشب الأول :

تعرف أول خلايا اللحاء التى تصل الى تمام النمو باللحاء الأول كما تعرف أول خلايا للخشب بالخشب الأول ، وتختلف هذه الخلايا ، من حيث نوعها ، ومن حيث الحجم والشكل ، اختلافا واضحا ، عن تلك الخلايا التى تتكون بعد ذلك فى نفس النسيج ، فهى خلايا نحيلة نتيجة للامتداد الذى تتعرض له ، كما أنها تختلف ، علاوة على ذلك فى خلايا الخشب ، من حيث تركيب الجدار . وهذه الخلايا الأولى — اذ تتكون مبكرا جدا فى مراحل التطور التكوينى للنسيج الذى تنشأ فيه — فانها تتعرض للضغط والشد نتيجة للزيادة فى الغلظ والزيادة فى الطول ، وتستجيب الخلايا المرستيمية المجاورة لهذه العوامل عن طريق تكوين

خلايا جديدة ، وازدياد الخلايا الموجودة فى الحجم ، أما خلايا الخشب الأول وخلايا اللحاء الأول ، اذ قد تم نضجها ، لا تستطيع أن تستجيب بنفس الطريقة ، بل انها تستطيع أن تتمدد الى حد ما ، وتستجيب للشد الطولى الذى تتعرض له ، نتيجة للزيادة فى الطول التى تحدث فى الأعضاء التى تقع فيها هذه الخلايا . فهى خلايا طويلة وضيقة وذات جدر رقيقة وسليولوزية ومقواه فى الخشب الأول بأربطة من جدار ثانوى ملجنن (شكل ٦٢) . وتتكون هذه الأربطة شكل حلقات



(شكل ٦٢)

الخشب الأول والخشب التالى فى قطاع طولى (ا) وقطاع عرضى (ب) فى نبات لوبليا (١) ١ ، ٢ عناصر حلقية ، ٣ ، ٤ ، ٥ عناصر حلزونية ، ٦ عنصر سلمى ، ٧ عنصر سلمى شبكى ، ٨ وعاء منقر ، برخلية برنشيمية

(١) Lobelia

أو حلزونية ، وتستطيع عند حدوث الشد أن تمنع جدر الخلايا الرقيقة والقابلة للانثناء من الانضغاط وانسداد الفراغ الخلوى تبعا لذلك .

ويقتصر استعمال لفظى اللحاء الأول والخشب الأول على تلك الخلايا من اللحاء والخشب القادرة على الامتداد ، أما خلايا اللحاء والخشب التى لا تتمدد نتيجة لاستطالة المنطقة التى تقع فيها فتسمى باللحاء التالى والخشب التالى على التوالى . وبذلك يتركب اللحاء الابتدائى من لحاء أول ولحاء تالى والخشب الابتدائى من خشب أول وخشب تالى . ولا يوجد فى اللحاء الثانوى أو الخشب الثانوى لحاء أول أو خشب أول لأن الأنسجة الثانوية لا تتكون الا بعد أن تتوقف الاستطالة . وقد يتكون شريط الخشب كلية من خشب أول — وتوجد هذه الحالة فى معظم الحزم الوعائية الصغيرة — أو كلية من خشب تالى كما فى الجذور والريزومات بطيئة النمو ويوجد عادة النوعان من الخشب معـا وان اختلفت الكميات باختلاف النبات أو العضو أو حسب سرعة النمو ، كما يختلف اللحاء أيضا بنفس الطريقة . وواضح أن الخشب التالى يقع الى داخل الخشب الأول اذا كان الخشب خارجيا (شكل ٦١ ب) ، ويقع الخشب التالى خارج الخشب الأول (شكل ٦١ ا) اذ اكان الخشب داخليا ، ويقع الخشب التالى الى خارج والى داخل الخشب الأول اذا كان الخشب متوسطا (شكل ٦١ جـ) .

اللحاء الابتدائى :

العناصر الغربالية فى اللحاء ، أى الخلايا الغربالية فى نباتات عاريات البذور وفى المجموعات الأقل منها رقيا ، والأنابيب الغربالية فى كاسيات البذور هى أول الخلايا الوعائية التى يكتمل نضجها فى أى منطقة من المناطق . وتنتمى هذه الخلايا الى نوع اللحاء ويصعب تحديد تركيبها لأنها تشبه الى حد كبير خلايا الكمبيوم الأولى التى تنشأ منها . فهى صغيرة رقيقة ، وتعيش لبضعة أيام فقط ، اذ سرعان ما تتمدد بدرجة كبيرة ثم تنسحق بين الخلايا المجاورة لها حتى تختفى تماما .

وفى اللحاء ، كما هى الحال فى الخشب ، تكون أول الخلايا المتكونة أطولها لأنها تتكون أثناء استطالة المنطقة التى تقع فيها ، استطالة سريعة ، فتتمدد لذلك الى أكبر درجة ممكنة . وبعد ذلك تتكون خلايا أقصر بالتدريج ، حتى يظهر اللحاء التالى ، وبالمثل تكون الخلايا المتكونة أولا أرقها ، ثم يزداد الغلظ فى

الخلايا المتكونة بعد ذلك تدريجيا ، ويبدو أن هذا التغير فى غلظ هذه الخلايا يرتبط بالتغير المماثل الذى يحدث فى خلايا الكمبيوم الأولى ، التى تنشأ منها هذه الخلايا . فخلايا اللحاء والخشب الأولى تنضج وما زالت جميع خلايا الكمبيوم الأولى غاية فى النحافة .

ولا يمكن العثور على خلايا اللحاء الأولى البالغة فى منطقة ما الا عندما يكون الكمبيوم الأولى ما زال فى المراحل الأولى وبعد ذلك تختفى معالمها تماما . أما الخلايا البرنشيمية والألياف فانها تظهر بعد ذلك من خلايا الكمبيوم الأولى المجاورة ويتكون اللحاء الأول فى أول مراحله من خلايا غربالية أو أنابيب غربالية فقط مبعثرة بين خلايا الكمبيوم الأولى ، اذ يندر أو ينعدم وجود خلايا مرافقة فى هذا النسيج ، وبعد ذلك تتميز خلايا الكمبيوم الأولى المجاورة لهذه الخلايا الناضجة ، الى خلايا برنشيمية وألياف ، وتكون هذه الألياف مجموعات تبدو متجانسة ، وذلك اما لاختفاء الأنابيب الغربالية أو لاندماجها فى برنشيمة اللحاء . هذه الألياف اللحائية تكون ما كان يسمى فى نباتات عديدة بألياف البريسيكل . كما أنها تكون مع الخلايا البرنشيمية التى تجاورها جزءا من — وفى بعض الأحيان — كل المنطقة التى تعرف عادة بالبريسيكل . وتوجد الخلايا الموصلة الناضجة من خلايا اللحاء الأول فى الأنسجة المرستيمية الحديثة فى أطراف السوق والأوراق بالقرب من القمة الى ٣ر٠ من المليمتر وفى قمم الجذور الى ملليمتر واحد .

ويعتبر اللحاء التالى نسيجا مركبا به خلايا جيدة التكوين من جميع الأنواع : خلايا غربالية أو أنابيب غربالية وخلايا برنشيمية وخلايا على هيئة ألياف سكلرنشيمية أو سكلريدات فى بعض الأحيان . والخلايا البرنشيمية تضاف الى الخلايا الغربالية أو الأنابيب الغربالية بمجرد أن يبدأ اللحاء التالى فى التكوين . هذه الأنواع المختلفة من الخلايا ، هى أساسا نفس الأنواع التى يتكون منها اللحاء الثانوى فى نفس النبات . وقد يتفتت اللحاء التالى فى وقت مبكر ، شأنه فى ذلك شأن اللحاء الأول . ففى النباتات الخشبية وفى النباتات العشبية التى بها أنسجة وعائية ثانوية جيدة التكوين ، تتلف فى غالب الأحيان ، الخلايا الرخوة من اللحاء الابتدائى بعد نضجها بوقت قصير . وذلك لنمو الأنسجة الثانوية تحتها . كما أن بقايا الخلايا المنضغطة قد توجد لفترة قصيرة ثم تختفى بسرعة كخلايا اللحاء الأول.

وفى الحالات التى يتكون فيها اللحاء الثانوى بكمية كبيرة ، يعتبر اللحاء الابتدائى ذا أهمية وظيفية مؤقتة ، أما فى الحالات التى لا يتكون فيها لحاء ثانوى ، أو يتكون بكمية قليلة فان اللحاء الابتدائى يبقى مدى الحياة ، وحينئذ يصبح ذا أهمية قصوى من الناحية الوظيفية ، ويكون مثل هذا اللحاء على مستوى عال من التخصص من الناحية التركيبية ، اذ يتكون عادة من أنابيب غربالية راقية مع خلاياها المرافقة ، كما هى الحال فى لحاء معظم نباتات ذوات الفلقة الواحدة ولحاء بعض ذوات الفلقتين ، مثل القرع[1] والشقيق النعمانى[2] واللفاح[3] ، ويكون بعض اللحاء ثانويا فى هذه النباتات وان لم تختلف أنسجة اللحاء الثانوى عن أنسجة اللحاء الابتدائى ، اللهم الا فى اللحاء الأول اذ يفتقر هذا الأخير الى الخلايا المرافقة . وفى بعض النباتات العشبية الأخرى مثل (سولانم) [4] ، و (استر)[5] ، و (لوبيليا)[6] حيث تتكون أسطوانات كاملة من الأنسجة الوعائية الثانوية التى بها كمية قليلة من اللحاء الثانوى ، يبقى اللحاء الابتدائى قائما بوظيفته خلال فترة حياة الساق . فى مثل هذه النباتات ، توجد الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة فى مجموعات صغيرة وتمتاز بحجمها الصغير ، فقد لا يزيد حجم المجموعة الكاملة منها عن حجم احدى الخلايا البرنشيمية المجاورة (شكل ١٣٨) .

الخشب الابتدائى :

يكاد يتكون اللحاء الأول بصفة دائمة من نوع واحد من الخلايا ، لكن الخشب الأول نسيج مركب يتكون من قصيبات وأوعية وخلايا برنشيمية ويندر فيه وجود الألياف . وتحيط الخلايا البرنشيمية بالخلايا القصبية عند بدء تكوينها ، وتنضج مع الخلايا الموصلة أو بعدها بقليل (ويستعمل لفظ الخشب الأول عادة للقصيبات والأوعية المتفرقة فقط ولكن يستحسن استعمال اللفظ للنسيج بأكمله متضمنا بذلك الخلايا البرنشيمية) .

وخلايا الخشب الأول الموصلة للحاء هى الخلايا المميزة لهذا النسيج . ويرجع ذلك الى استعداد جدرها للامتداد الذى تتعرض له عادة . وتتقوى الجدر

(١) القرع Cucurbita
(٢) Ranunculus
(٣) اللفاح Mandrogora
(٤) Solanum
(٥) Aster
(٦) Lobelia

الابتدائية الرقيقة لهذه الخلايا الفارغة بتكون جدار ثانوى ملجنن على هيئة حلقات أو أربطة حلزونية . **ويبدو أن هذه الأربطة تساعد فى حفظ المجارى التوصيلية** مفتوحة أثناء استطالة هذه الخلايا . وتكون الخلايا الأولى ، المتكونة فى الخشب الأول ، ذات جدر ثانوية رقيقة بشكل حلقات متباعدة (شكل ٦٢ ا ، ب) . مثل هذه الخلايا تسمى خلايا حلقية أو عناصر حلقية أو بتسمية أدق قصيبات حلقية أو أوعية حلقية (يستعمل لفظ « عنصر » عند الكلام عن خلايا الخشب الأول عندما تكون هذه الخلايا قصيبات أو أوعية) والخلايا التى تتكون بعد الخلايا الحلقية بقليل ، تكون جدرها الثانوية على هيئة أربطة حلزونية وتسمى مثل هذه الخلايا خلايا حلزونية أو عناصر حلزونية (شكل ٦٢ ج ، د ، ه) ثم تزداد مساحة الأربطة وعددها تدريجيا فى الخلايا التى تتكون بعد ذلك ، وبذلك تزداد نسبة الجدار الثانوى بالتدريج مع تكوين الخلايا الجديدة . وتتعرض الخلايا المتكونة أولا الى مقدار كبير من الاستطالة فى حين تتعرض الخلايا المتكونة بعد ذلك الى مقدار أصغر فأصغر وهكذا . ولذلك تكون الخلايا المتكونة فى أى وقت من الأوقات مكيفة من الناحية التركيبية لمقدار الاستطالة الذى تتعرض له أثناء تكوينها وأثناء فترة عملها . فالخلايا الحلقية تستطيع التمدد أكثر من الخلايا الحلزونية ، والخلايا ذات اللفات الغليظة أكثر من الخلايا ذات اللفات العريضة ، كما أن الخلايا ذات اللولب الواحد أكثر من الخلايا ذات اللوالب العديدة . وفى بعض الحالات يكون للخلايا لفات رقيقة تلتحم عند الأركان ، فتعطى شكلا شبيها بالسلم ، أو قد يكون هذا الشكل أكثر وضوحا عن طريق تكون قضبان عرضية تمتد من ركن الى ركن ، وفى هذه الحالات تسمى الخلية «خلية سلمية» (شكل ٦٢) (ويستحسن أن يطلق على الخلية السلمية فى الخشب الأول ، « خلية خشب أول سلمية » اذ أن التعبير « خلية سلمية » هو تعبير وصفى غير دقيق قد يشير الى قصيبة سلمية منقرة أو وعاء سلمى مثقب) ومن الواضح أن خلية الخشب الأول السلمية لا تستطيع أن تتمدد الا قليلا . وفى حالات أخرى قد تلتحم أربطة الجدار الثانوى بدرجة أكبر وبطريقة أقل انتظاما مكونة بذلك شبكة من التغلظ الثانوى ، وتسمى الخلية حينئذ « خلية شبكية » (شكل ٦٢ ز) . وقد تزداد مساحة الجدار الثانوى وتظهر المناطق الرقيقة أكثر دقة وتحديدا فى الشكل والحجم أيضا ، وبذلك تتكون « الخلية المنقرة » (شكل ٦٢ ح) . وفى هاتين

الحالتين ، أى الشبكية والمنقرة ، لا تستطيع الخليـــة أن تتمدد على الاطلاق . وهذان النوعان من الخلايا يكونان الخشب التـــالى ، على أنه ليس من السهل وضع حد فاصل بين أى نوع من الخلايا والنوع الذى يليه ، كما هى الحال بين الخشب الأول والخشب التالى .

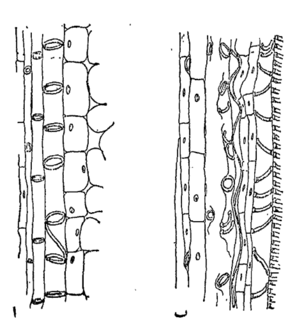
وتكون الخلايا الموصلة فى الخشب الأول اما قصيبات أو أوعية ، وتوجد بحالة قصيبات فى النباتات التريدية وعاريات البذور وبعض كاسيات البذور الأقل تخصصا ويوجد النوعان من الخلايا فى النباتات الزهرية الأخرى وفى النباتات الزهرية العشبية وبعض النباتات الزهرية الخشبية ، تتكون معظم الخلايا التوصيلية فى الخشب الأول ، من الأوعية . ونظرا لأن خلايا الخشب الأول تستطيل بدرجة غير عادية نتيجة لتمددها ، ويصعب رؤية جدرها الطرفية ، مشابهة فى ذلك شكل الأوعية ، لذلك أطلق عليها « أوعية الخشب الأول » بغض النظر عن طبيعتها القصبية أو القصيبية وليس من السهل فى كثير من الأحيان ، الجزم بأن خلية ما من الخشب الأول هى وعاء أم قصيبة ، ولذلك فمن المستحسن تسميتها فى هذه الحالة خلية حلقية مثلا ، أو عنصر حلقى ، ولا يجوز تسميتها وعاء الا اذا ثبت أن جدرها الطرفية مثقوبة .

توزيع ونسبة العناصر المختلفة للخشب الأول :

قد يتكون الخشب الأول فى الأسطوانة الوعائية الواحدة من خلايا حلقيـــة وحلزونية وشبكية بأى نسبة ، وقد يتكون من نوع واحد فقط أو نوعين من هذه الخلايا . ففى معظم مجموعات الخشب الأول ، تكون الخلايا الحلزونية وعلى الخصوص ذات الأربطة المتقاربة أكبر نسبة من الخلايا . وفى المحور ذى النمو السريع تكون معظم خلايا الخشب الأول من النوع الحلقى فى حين أن هذا النوع ، يقل أو يختفى تماما ، فى المحور الذى ينمو ببطء . ويمكن فى العادة معرفة ترتيب تكون خلايا الخشب الأول عند تمام نضجها كلها أو بعضها وذلك على أساس الحجم فقط ، اذ أن التغير الذى يحدث أثناء تكوين مجموعة الخشب الأول ، لا يقتصر على جدر الخلايا فحسب ، بل يمتد الى الخلايا نفسها ، فيزداد حجم الخلايا بالتدريج حسب ظهورها وقد يحدث فى كثير من الأحيان ما يخالف هذه القاعدة ، ولكن تركيب الجـــدار اثبت من حيث علاقته بترتيب ظهور العنـــاصر المختلفة .

استطالة اللحاء الأول والخشب الأول :

بالرغم من أن عناصر اللحاء الأول والخشب الأول قادرة ، تبعا لتركيبها ، على التمدد وعلى الأخص الخلايا الأولى منها ، فانها تتعرض فى كثير من الحالات الى استطالة تفوق قدرتها فتتمزق . وتمتص خلايا اللحاء الأول عقب التمزق مباشرة ، أما البقايا الممزقة لأوعية وقصيبات الخشب الأول فانها تظل باقية . وتستهلك الخلايا الحلقية التى تعتبر أول الخلايا من حيث التكوين فى غالب الأحيان ، وما يتبقى منها دون تمزق يلتوى مباشرة بعد تكونه بحيث يصبح غير صالح للقيام بوظيفته ، اذ أن هذه الخلايا عندما تتمدد ، تنفصل منها أولا الحلقات السائدة فتتقوس الجدر ، وباستمرار الشد الواقع على هذه الجدر تميل الحلقات وتقف على حافتها (شكل ٦٣ ب) . وأى استطالة بعد ذلك تكون نتيجتها تقطع الخلايا وينتج عن ذلك كله وجود حلقات الجدر الثانوية مع بقايا الجدر الابتدائية متناثرة فى مكان الخلايا التالفة (شكل ٦٣ ب) . أما فى الخلايا الحلزونية فان الشد يسبب استقامة الأربطة الحلزونية كما فى شكل ٦٣ ب وتكون النتيجة أيضا سقوط الجدر الابتدائية .

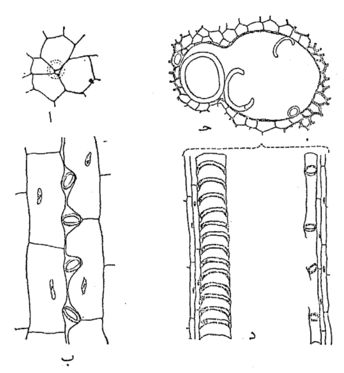


(شكل ٦٣)

الخشب الأول فى القطاع الطولى : (ا) من ثمرة نبات ذحف وفيه جميع العناصر من النوع الحلقى وقد حدث فيها بعض التمدد ولكن دون تمزق (ب) من ساق ذيل الحصان وقد حدث فيه تمدد كبير فى الخلايا الحلقية والحلزونية وتسبب عنه تمزق فى الخلايا الحلقية وتكوين فراغ خشب أول . كما يلاحظ أن الفراغ الذى كانت تشغله الخلية الأولى قد انطمس فيما عدا مكان الحلقات

فراغات الخشب الأول :

قد يتكون — حيث تتلف بعض خلايا الخشب الأول — فراغ قنوى الشكل يعرف بفراغ الخشب الأول . وفى بعض الحالات تصل هذه المسافة البينية فى حجمها الى حد كبير نتيجة لشد الخلايا البرنشيمية المجاورة لها وهناك أمثلة صارخة لمثل هذه الفجوات توجد فى كثير من النباتات العشبية وعلى الأخص فى ذوات الفلقة الواحدة (شكل ٦٤ جـ ، د) ونباتات ذيل الحصان . وعلى النقيض من ذلك قد



(شكل ٦٤)
الخشب الأول فى القطاعين الطولى والعرضى — يبين سلوك الأنسجة المحيطة ا ، ب من لوبيليا ، مبينا العناصر الحلقية ممطوطة ، والجدار الابتدائى بين الحلقات منقرض ، والخلايا البرنشيمية القريبة مضغوطة فى المسافات — فى القطاع العرضى كان الفراغ مشغولا بالخلية ج ، د من الذرة — البرنشيمية المحيطة مشدودة بعيدا عن عناصر الخشب الأول تاركة فراغا كبيرا

تنمو الأنسجة المجاورة للحزمة ، وهى لا زالت فى مرحلة النمو ، فى الوقت الذى تتمزق فيه خلايا الخشب الأول بحيث لا يتكون فراغ بل تضغط الخلايا البرنشيمة المجاورة على خلايا الخشب حتى تشغل مكانها (شكل ٦٣ ب العنصر الحلقى على اليسار ، شكل ٦٤ ا ، ب) . وفى الخلايا الحلقية أو الخلايا ذات الحلزون الواسع تضغط الخلايا البرنشيمية المجاورة لها على التجاويف الناشئة عن الجدر المتداعية

والشبيهة بالتيلوز داخل الفراغ الخلوى بمجرد تمزق الجدار ، وقد تظهر نتيجة لذلك بعض الحلقات مستقرة رأسيا بين الخلايا البرنشيمية (شكل ٦٣ ب) وبذلك يصعب تحت هـذه الظروف تحـديد موضع خلايا الخشب الأول فى القطاعات العرضـية .

التطور التكوينى لعناصر الخشب الأول :

ان التمدد أو التمزق الذى يحدث فى جدر العناصر الوعائية للخشب الأول انما يحدث فى الجدار الابتدائى الرقيق . وقد ساد الظن فى وقت ما بأن حلقات ولولبات وقضبان الجدار الثانوى انما تتكون نتيجة لتمزق جدار ثانوى شامل قد سبق تكوينه ، لكن الدراسات الأولى قد بينت أن البروتوبلاست فى هذه العناصر الوعائية لا تكون جدارا ثانويا الا فى تلك المساحات التى تظهر فيها بعد ذلك حلقات أو لولبات أو غير ذلك .

وقد أيدت البحوث الحديثة هذه التفاسير الأوليـة،كما أن تمدد بعض الأشرطة الحلزونية حتى تستقيم دليل آخر على أن التمدد لا يؤدى الى انقسام اللولبات الى حلقات .

ترتيب الخلايا فى الأنسجة الوعائية الابتدائية :

قد تترتب خلايا الأنسجة الابتدائية على اختلاف أنواعها ، وفى أى عضو من أعضاء النبات وفقا لنظام معين ، كما أنها قد لا تخضع لأى نظام فى توزيعها . ولكن خلايا الأنسجة الثانوية بحكم طريقة نشوئها من الأنسجة المرستيمية من نوع الكمبيوم فانها تميل الى الانتظام فى صفائح أو صفوف وقد تردد القول فى كثير من الأحيان أن الأنسجة الابتدائية تتميز بتوزيعها بغير نظام فى حين أن الأنسجة الثانوية تتوزع بنظام معين . ويمكن تطبيق هذا التمييز على الأنسجة الوعائيـة بوجه خاص ، ولو أن النمو غير المتساوى لبعض الخلايا المكونة لهذه الأنسجة قد يعرقل فى بعض الأحيان الترتيب المنظم للأنسجة الثانوية . وقد تنتظم أيضـا أنسجة اللحاء الابتدائى والخشب الابتدائى وخصوصا اللحاء التالى والخشب الأول فى صفوف قطرية ، وذلك فى الأنسجة الابتدائية لكثير من النباتات العشبية وبعض كاسيات البذور الخشبية ، وقد يوحى هذا الترتيب بأصل ثانوى،اذ تنتظم

الأنسجة الثانوية فى صفوف قطرية مع هذه الأنسجة ، ولذلك لا يمكن التمييز بين الأنسجة الابتدائية والأنسجة الثانوية الا على أساس نشأتها من الكمبيوم الأولى أو الكمبيوم ، وذلك باستثناء الخشب الأول وجزء من الخشب التالى ، ولما كان الكمبيوم نفسه ينشأ من الكمبيوم الأولى ، عندما يتوقف تكوين الأنسجة الابتدائية ، لذلك يكون الحد الفاصل بين اللحاء الابتدائى واللحاء الثانوى وبين الخشب الابتدائى والخشب الثانوى حدا تقريبيا فقط[1] .

أنواع الخشب الابتدائى :

يمكن تحديد نوع الخشب الابتدائى ، من حيث أنه خارجى أو داخلى أو متوسط (شكل ٦١) ، عن طريق موضع الخشب الأول بالنسبة للخشب التالى ، أو بواسطة تحديد موضع الخلايا التى تكونت أولا فى حالة ما يتكون الخشب الابتدائى من خشب أول فقط ، مع العلم بأن موضع خلايا الخشب الأول هو نفس موضع فجوة الخشب الأول اذا وجدت ، أما اذا أطبق النسيج المجاور على الخلايا الممزقة أو المنبسطة من خلايا الخشب ، فانه يمكن تحديد موضع الخلايا الأولى عن طريق اضطراب الترتيب العادى للخلايا ، أو بأجزاء الخلايا التالفة . وقد يلزم فى بعض الأحيان لتحديد نوع الخشب دراسة القطاعات الطولية ذلك لأن الخلايا الحلقية قد يصعب تمييزها من الخلايا الحلزونية فى القطاعات العرضية كما أن الخلايا الحلقية الأولى قد تتلاشى فى مستويات معينة .

---

(١) كان يؤكد دائما ان التميز بين الانسجة الابتدائية والانسجة الثانوية أمر ليس ذا قيمة كبيرة اذ ليس هناك حد واضح بينها لا فى الوعائية منها ولا فى غيرها ، فمثلا لا ينشأ اللحاء الداخلى والحزم الوعائية الصغيرة التى تتكون مؤخرا أثناء التطور التكوينى لبعض الأجزاء النباتية من المرستيم الأولى بل من أنسجة مستديمة أو نصف مستديمة . كما أن نمو الأنسجة الابتدائية قد يستمر بلا حدود فى أى عضو من الأعضاء وخصوصا فى الحالات التى لا تحدث فيها تغيرات تستوجب زيادة فى الجسم الأساسى كتلك التى تنشأ عن اضافة حزم وعائية أثناء تكوين أنسجة تخزينية أو عن اضافة أنسجة افرازية أو تركيبات واقية أو أغلفة الثمار أو البذور . هذه الأنسجة الابتدائية الجديدة قد تكونت لا كما تتكون الأنسجة الثانوية النموذجية فى صفوف شعاعية من منشئات دائمة بل من خلايا شبيهة بالكمبيوم الأولى قصيرة الأجل . انها تنشأ بطريقة ثانوية ومن مرستيم ثانوى لكن الأنسجة نفسها تكون ، بشكل واضح ، جزءا من الجسم الابتدائى . لذلك فهناك بعض الصفات الأخرى غير طريقة النمو والترتيب ، يمكن استخدامها فى كثير من الأحيان للتمييز بين الأنسجة الابتدائية والأنسجة الثانوية . فمثلا عند التمييز بين الخشب واللحاء الابتدائيين وبين الخشب واللحاء الثانويين يمكن الرجوع الى طول هذه العناصر . فالعناصر الوعائية الابتدائية ، وخصوصا فى النباتات الخشبية من ذوات الفلقتين ، تكون أقصر بكثير من نظيراتها فى النسيج الثانوى المجاور كما أن الخلايا المنشئة لهذه الأنسجة نفسها فى النسيج الوعائى تختلف كثيرا .

ولا يمكن الجزم الى حد بعيد بأن الأنواع المختلفة لقصيبات وأوعية الخشب الأول تتابع فى تكوينها أثناء تطور النسيج كما لا يمكن لخلية وصلت لتمام نضجها آن تغير نوعها ، فالخلية الحلقية لا تتحول الى خلية حلزونية ، والحلزونية لا تتحول الى سلمية . لكن الظاهرة الثابتة هى تزايد مساحة الجدار الثانوى فى الأنواع المختلفة من الخلايا مع تتابعها فى التكوين .

ولا شك أن التميز بين جسم النبات الابتدائى (الأساسى) والجسم الثانوى (الاضافى) المتكون بعد ذلك ، والتمييز بين الأنسجة الابتدائيـة والأنسجة الثانوية تبعا لذلك ، لازم لفهم التغيرات التى يحدثها النمو الثانوى فى الجسم الابتدائى ، أما محاولة ايجاد فواصل محددة بين هذه الأنسجة فليس فى الامكان فى أغلب الأحيان ، كما أنها ليست ضرورية .

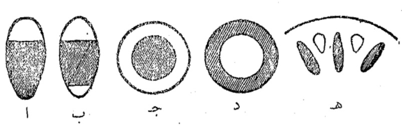
الحزمة الوعائية :

تطلق « الحزمة الوعائية » على الجزء الشريطى الشكل فى الجهاز الوعائى للنبات وتتركب الحزمة أساسا من أنسجة ابتدائية وأحيانا أنسجة ثانوية أيضا . فالحزم الصغيرة مثل نهايات الحزم والحزم النحيلة فى الأوراق والثمار وما شابهها تتكون كلية من أنسجة ابتدائية ، كما أن الحزم الكبيرة كتلك التى توجد فى سوق ذوات الفلقة الواحدة قد تكون أيضا كلية ابتدائية التكوين . وهناك أيضا كثير من النباتات العشبية من ذوات الفلقتين تتكون حزمها من أنسجة معظمها ابتدائية التكوين . ويكون الخشب واللحاء فى هذه الحزم على درجة عالية من التخصص ، فالخلايا الموصلة من نوع راق ومحدود العدد ، وتقل أو تنعدم فيها الخلايا الوعائية ، ذلك لأن التدعيم والحماية تلزم فقط للأنسجة الموصلة الضعيفة أو الرخوة ، ويكون التدعيم فى هذه الحالة ، عن طريق أغلفة من الألياف تحيط احاطة ، تكاد تكون كاملة ، بأشرطة الخلايا الموصلة ، ونظرا لوجود هذه الأغلفة الليفية فى كثير من الأحيان محيطة بأشرطة الخلايا الموصلة ، فقد اعتبرت فى وقت من الأوقات جزءا من الحزمة الوعائية شكليا ووظيفيا ، وقد أطلق على الحزمة حينئذ (حزمة وعائية ليفية) . ولطالما كان واضحا أن مهمة الحزمة مبدئيا هى التوصيل وأنه ليس من الضرورى أن يرتبط « النسيج الدعامى » من حيث موضعه بالحزم الوعائية ، ولذلك فان النسيج الليفى المجاور للنسيج الموصل لا يعتبر أيضا شكليا

جزءا من النسيج الوعائى (على أنه قد يحدث أحيانا أن ينشأ جزء من النسيج الليفى من شريط الكمبيوم الأولى) . ولذلك فضل استعمال « الحزمة الوعائية » فى السنين الأخيرة على استعمال « الحزمة الوعائية الليفية » ، وبالرغم من هذا فلم يحل اللفظ الجديد احلالا كاملا محل اللفظ القديم غير الدقيق (وستدرس الحزمة الوعائية بالتفصيل فى الفصل الحادى عشر) .

أنواع الحزم الوعائية :

يندر فى النسيج الوعائى أن يتكون من لحاء فقط أو خشب فقط بل تتكون الحزمة عادة من هذين النوعين من النسيج الموصل وهناك عدة حالات لترتيب الخشب واللحاء فى الحزمة . ويمكن وضع هذه الحالات فى ثلاثة أقسام عامة هى : (١) حيث يوجد الخشب بجانب اللحاء على أنصاف أقطار واحدة (٢) حيث يوجد أحد النسيجين يحيط أو يغلف النسيج الآخر . (٣) حيث يوجد النوعان منفصلين الواحد عن الآخر . وينتمى للقسم الأول الحزم الجانبية (المقترنة) (شكل ٦٥ ا ، ١٣٩ ا ، د ، ١٤٠) ويقع فيها اللحاء بجانب الخشب من الناحية الخارجية والحزم الجانبية ذات اللحائين ويقع فيها اللحاء بجانب الخشب من الخارج والداخل معا (شكل ٦٥ ب ، ١٣٨) أما حزم القسم الثانى فتعرف بالحزم المركزية وفيها اما يحيط اللحاء بالخشب وتسمى حزم محيطية اللحاء (شكل ٦٥ جـ ، ١٣٠ ب) أو يحيط الخشب باللحاء وتسمى محيطية الخشب (شكل ٦٥ د ، ١٣٩ جـ) وقد يستعمل التعبير « حزمة مركزية » استعمالا غير دقيق ، فيطلق على الحزم المركزية محيطية اللحاء . ويرجع ذلك بلا شك لعدم شيوع الحزم المركزية محيطية الخشب ولكن يجب أن يستعمل كتعبير وصفى عام يضم النوعين معا محيطية اللحاء ومحيطية الخشب .



(شكل ٦٥)

اشكال تخطيطية تبين انواع ترتيب الخشب واللحاء من حيث وضع الواحد بالنسبة للآخر (الخشب مظلل — اللحاء غير مظلل) . ا — حزمة جانبية ب — حزمة جانبية ذات لحائين جـ — حزمة محيطية اللحاء د — حزمة محيطية الخشب هـ — نظام قطرى

أما فى القسم الثالث فلا تتكون حزم محددة بل توجد أشرطة الخشب واللحاء على أنصاف أقطار مختلفة يفصلها نسيج غير توصيلى (شكل ٦٥ هـ ، ١٣٠ ا) . ويقال عن هذه الأشرطة عادة أنها تكون حزما قطرية ، والواقع أنه لا توجد حزم محددة بالمعنى الصحيح اللهم الا اذا اعتبرنا كل شريط يكون حزمة مستقلة — كما أن كثيرا ما تتحد أشرطة الخشب لتكون عمودا مركزيا ولذلك فانه من الأفضل أن تسمى هذه الحالة بالنظام القطرى وترجع هذه التسمية « حزمة قطرية » الى الفترة التى سبقت نظرية العمود الوعائى ، اذ كان العمود الوعائى للجذر يعتبر مكونا لحزمة واحدة قطرية التركيب . ولا زال هذا التعبير مستعملا لسوء الحظ فى وصف التركيب الوعائى الابتدائى للجذر ، كما أن استعمال كلمات : خارجى وداخلى ووسطى خطأ فى بعض الأحيان لوصف الحزم الوعائية فى حين أنها تدل فقط على نوع الخشب فى الحزمة .

توزيع الأنواع المختلفة للحزم :

تعتبر الحزمة الجانبية هى النوع الأكثر شيوعا ، وتتميز بها سوق وأوراق نباتات كاسيات البذور ومعظم نباتات عاريات البذور ، أما الحزمة الجانبية ذات اللحائين فليست شائعة ، فهى توجد فى نباتات كاسيات البذور التى تحتوى أعمدتها الوعائية على لحاء داخلى كما فى الفصيلة القرعية . وفى معظم النباتات التى تحتوى على لحاء داخلى لا يرتبط هذا النسيج بالخشب أو باللحاء الخارجى ارتباطا وثيقا ، لا فى موضعه ولا فى طريقة نشأته ، كما أن الحزم محيطية الخشب ، لا تعتبر من الناحية التركيبية ولا الناحية الشكلية حزما أصيلة ، ذلك لأن اللحاء الداخلى يكون منفصلا عن بقية الحزمة .

وتوجد الحزم محيطية اللحاء عادة فى السرخسيات كما توجد أيضا فى الحزم الصغيرة ، كتلك التى توجد فى الأجزاء الزهرية ومسيرات البويضات وحزم المسيرات الورقية الصغيرة ، أما الحزم محيطية الخشب فهى نادرة ، ولكنها توجد أساسا فى ذوات الفلقة الواحدة ، وعلى الخصوص فى مناطق العقد و فى الريزومات وتمتاز الجذور بالنظام القطرى للنسيج الوعائى الابتدائى بها وهى تنفرد بهذا النظام ولا يوجد فى أى موضع آخر .

ويجب أن ينظر للحزم الوعائية على أنها أجزاء من جهاز وعائى واحد ، وليست وحدات تركيبية أساسية ، ولذلك تعتبر فى المحور كأنها أقسام متباعدة الى حد ما فى أسطوانة وعائية واحدة ، أو عمود وعائى متكامل .

الهيكل الوعائى الابتدائى

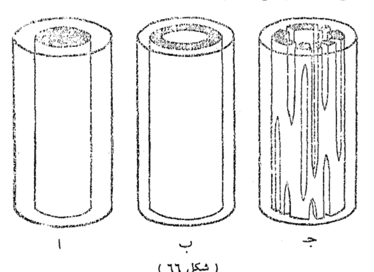
تكون الأنسجة الوعائية الابتدائية فى النبات هيكلا وعائيا محددا ، يقابل الى حد ما الهيكل العظمى للحيوان . وتختلف الأنسجة الوعائية فى ترتيبها وموضعها وطريقة اتصالها فى الأجزاء المختلفة للنبات باختلاف هذه الأجزاء . وتكون هذه الاختلافات ثابتة ومميزة ، فهيكل النوع الواحد من النبات له نظام محدد وترتيب ثابت ، يختلف قليلا أو كثيرا عن نظام أى نوع آخر وتختلف هياكل المجموعات الكبيرة من النباتات عن بعضها البعض — كما تختلف المجموعات الكبيرة فى الحيوانات من نواحى هامة من حيث ترتيبها ، فى حين أن هياكل المجموعات الصغيرة تختلف من نواحى أقل أهمية ولكنها قد تختلف اختلافا كبيرا من حيث التركيب . وخلاصة القول أن التركيب الوعائى يختلف من نبات الى آخر وأن هذا الاختلاف يتراوح ما بين البسيط والغاية فى التعقيد .

العمود الوعائى :

يكون شكل المحور فى الغالبية العظمى من النباتات أسطوانيا ، ولذلك فالهيكل فى هذا الجزء من جسم النبات يتناسب مع هذا الشكل الأسطوانى . وبناء على ذلك فالأنسجة الوعائية للعمود الوعائى فى أبسط صورة تكون عمودا صلبا قضيبى الشكل يحيط فيه اللحاء بالخشب . ويسمى العمود الوعائى الذى تترتب أنسجته الوعائية بهذه الطريقة عمودا وعائيا أوليا (شكل ٦٦ ا ، ١٢٧) وليس العمود الوعائى الأولى أبسط أنواع الأعمدة الوعائية فحسب ، بل من الواضح أيضا أنه النوع البدائى ، الذى اشتقت منه جميع الأنواع الأخرى أثناء مراحل التطور المختلفة .

وقد يتخذ الجزء الوعائى من العمود الوعائى الأولى فى القطاع العرضى شكلا دائريا أو زاويا متماثلا مثلا أو نجميا بأذرع ممتدة أو مستديرا بغير نظام أو مفصصا . وهناك نوع من الأعمدة الوعائية يختلف عن العمود الوعائى الأولى

فى وجود نخاع فى الوسط ويسمى العمود الوعائى النخاعى (شكل ٦٦ ب ، ١٣٥ ا ، هـ) . هذا النوع مشتق من العمود الوعائى الأولى ويمثل درجة من درجات التقدم التطورى . وقد يختلف العمود الوعائى النخاعى ، من حيث شكل المقطع العرضى ، لكنه فى العادة مستدير . وهناك نوعان من العمود الوعائى النخاعى : نوع خارجى اللحاء وفى هذا النوع يوجد اللحاء خارج الخشب فقط — ونوع محيطى اللحاء وفى هذا النوع يوجد اللحاء خارج الخشب وداخله . وعندما يتشقق العمود الوعائى النخاعى فيكون شبكة أو مجموعة من الأشرطة الطولية يسمى حينئذ بعمود وعائى نخاعى مجزأ أو عمود وعائى شبكى (شكل ٦٦ جـ ، ١٣٥ ب ، د ، و) . وفى بعض النباتات ومنها معظم ذوات الفلقة الواحدة تتناسب الحزم الوعائية فى العمود الوعائى الشبكى فى النخاع والقشرة ، بحيث تختفى معالم وجود حلقة أو عمود وعائى . وقد نشأ هذا الوضع أثناء التطور من العمود الوعائى النخاعى أو الشبكى ويعتبر نوعا منها .



(شكل ٦٦)

اشكال تخطيطية تبين أنواع ترتيب الأنسجة الوعائية فى الأعمدة الوعائية : (ا) عمود وعائى أولى (ب) عمود وعائى نخاعى (جـ) عمود وعائى شبكى

وكان يستعمل أحيانا التعبير العمود الوعائى الوحيد مرادفا للعمود الوعائى الأولى. وقد طبقت هذه التسمية أصلا على الأعمدة الوعائية التى تكون وحدة تركيبية واحدة وكان يقابل العمود الوعائى المتعدد وهو نوع من الأعمدة الوعائية توجد فيه الأنسجة الوعائية على شكل أشرطة ، كل منها يشبه الأسطوانة الوعائية الكاملة فى النباتات ذوات الأعمدة الوعائية الأولية . ولذلك سمى العمود الوعائى

الأولى والعمود الوعائى النخاعى المجزأ بالعمود الوعائى المتعدد . وتشبه حزم العمود الوعائى النخاعى المجزأ أعمدة وعائية أولية صغيرة فى القطاع العرضى ولا سيما اذا كان العمود الوعائى مزدوج اللحاء والحزم محيطية اللحاء . ولذلك يبدو العمود الوعائى كأنه عمود وعائى متضاعف ، ومن هنا استعمل اسم عمود وعائى متعدد لمثل هذه الأسطوانة المركزية . ولقد أصبح مفهوما الآن ، أن هذا النوع من الأعمدة ، ما هو الا عمود وعائى نخاعى مجزأ ، ولذلك أصبح التعبير العمود الوعائى الوحيد قليل الاستعمال ويستعمل بدلا منـــه عادة التعبيران الأكثر دقة ، وهما العمود الوعائى الأولى والعمود الوعائى النخاعى ، ويطلق اسم العمود الوعائى الشبكى على العمود الوعائى النخاعى المجزأ . أما اطلاق العمود الوعائى المتعدد على العمود الوعائى النخاعى المجزأ ، انما هو تعبير شكلى غير دقيق ، ولذلك يجب عدم استعماله . ومما لا شك فيه أن الأعمدة الوعائية الحقيقية توجد فى بعض مجموعات النباتات الحفرية ولكنها لا توجد فى النباتات الحية بتاتا .

وهناك نظريتان لايضاح طريقة التغير التطورى التى نشأ بها العمود الوعائى الأولى : الأولى نظرية الاتساع وتبعا لهذه النظرية لا يتكون فى الجزء المركزى للعمود الوعائى أنسجة وعائية بل يظل أقل تخصصا ويكون النخاع . ولذلك يعتبر النخاع تبعا لهذه النظرية من الناحية الشكلية نسيجا وعائيا . واستعمال لفظ الاتساع ، يعتبر استعمالا غير موفق ، لأنه لا يلزم أن يكون قد حدث اتساع فى العمود الوعائى الأولى فى جميع الحالات . والثانية : نظرية الغزو وتبعا لهذه النظرية تعتبر القشرة قد غزت الأسطوانة المركزية أثناء التطور التكوينى للنباتات الوعائية خلال الفتحات التى نشأت عن فرجات الأوراق والأفرع وبذلك لا يعتبر النخاع ناشئا من العمود الوعائى . ولا يمكن أن يستوعب هذا الكتاب مناقشة هذه النظريات ، ان النخاع لا ينتمى الى العمود الوعائى من الناحية الشكلية فى النباتات البذرية على الأقل كما هى الحال أيضا فى معظم التريديات وينتمى النخاع للعمود الوعائى فى قليل منها فقط .

توزيع الأنواع المختلفة للاعمدة الوعائية :

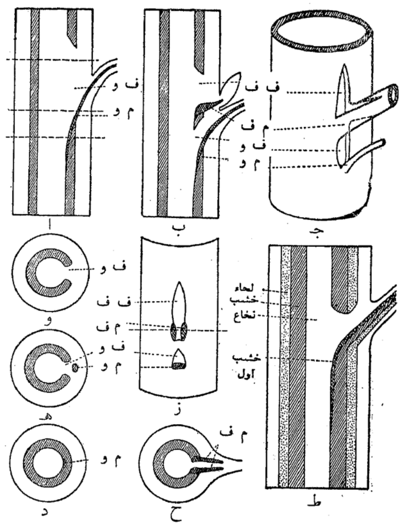
ينتشر العمود الوعائى الأولى عادة بين النباتات الأولية باعتباره نوعا بدائيا ، فيوجد فى كثير من النباتات الحفرية القديمة كما تتميز به فى النباتات الحديثة الحزازيات الصولجانية ، وقليل من السرخسيات ، وتتميز به أيضا الجذور فى جميع النباتات . ويوجد العمود الوعائى النخاعى كما هو أو مع بعض التحور فى سوق جميع النباتات الحية الأخرى . ويعتبر العمود الوعائى خارجى اللحاء أكثر الأنواع شيوعا ، اذ تتميز به سوق النباتات عاريات البذور وكاسيات البذور بوجه عام . ويوجد العمود الوعائى النخاعى محيطى اللحاء فى معظم السرخسيات وفى بعض كاسيات البذور وعلى الأخص الأنواع العشبية منها . ويرجع تجزؤ العمود الوعائى من الناحية الشكلية الى طريقتين مختلفتين : الأولى بتراكب فرجات الأوراق والأفرع ، والثانية بسقوط بعض أجزاء الأسطوانة أثناء اختزال الأسطوانة الوعائية ، وذلك خلال تطور بعض أنواع السوق العشبية .

مسيرات الأوراق :

تتكون المسيرات الورقية أو مسيرات الأوراق من امتداد الأنسجة الوعائية التابعة للأعمدة الوعائية التى تغذى الأوراق (شكل ٦٧) وتسمى المسيرات التى تغذى ورقة واحدة المدد الورقى . ويطلق لفظ « مسير » على تلك الحزم الوعائية من بدء ظهورها كمدد ورقى حتى قاعدة الورقة . ومن الناحية التركيبية تتكون مسيرات الأوراق من أشرطة من النسيج الوعائى الابتدائى ، ويتركب الجزء القريب من المسير من خشب فقط ، أما الجزء البعيد منه فيتركب من خشب ولحاء . وقد تضاف الأنسجة الثانوية فى مراحل متأخرة . ولما كان المسير مجرد امتداد للجهاز الوعائى للساق فان منشأه لا يمكن تحديده بسهولة ، وان كان من الممكن تتبع الشريط الوعائى المحتوى على خشب أول الى مسافة ما فى الساق ، تحت المستوى الذى يبدأ فيه الانتحاء للخارج ، حيث يمتزج بالمسيرات الأخرى أو بأسطوانة الخشب الابتدائى .

ويتراوح عدد المسيرات المتجهة ناحية الورقة من واحد الى عدة مسيرات ، والعدد ثابت فى العادة بالنسبة لنوع معين من النباتات ، وفى كثير من الأحيان بالنسبة للفصيلة ، وقد يكون بالنسبة لمجموعة أكبر من ذلك . ويعبر هذا

الرقم عن عدد الحزم الوعائية التى تبرح العمود الوعائى للخارج . وقد تلتحم هذه الحزم أو تتفرع أثناء مرورها فى القشرة بحيث يتغير عدد الحزم الداخلة فى الورقة . وينشأ المدد الوعائى للاذينات من المسيرات الجانبية التى تظهر عادة فى القشرة (شكل ٧٠ ك) وكثيرا ما يحدث التحام أو تفرع فى الحزم الوعائية فى عنق الورقة أو قاعدتها حيث لم تعد هذه الحزم تتبع المسيرات الورقية .

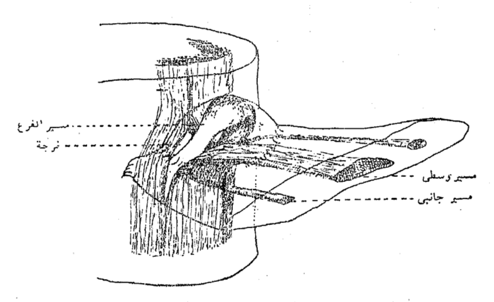


(شكل ٦٧)

أشكال تخطيطية تبين مسيرات وفرجات الأوراق والأفرع : (ا) قطاع عرضى فى العقدة مارا بمسير ورقى وفرجة ورقية . (ب) مثل ا ـ مع وجود مسير فرعى وفرجة فرعية . (جـ) منظر للاسطوانة يبين خروج المسير الورقى والمسير الفرعى كما يبين أيضا الفرجات المرتبطة بها . (د) ، (هـ) ، (و) قطاعات عرضية فى الساق المبين فى شكل (ا) عند المستويات ا ـ ا ، ب ـ ب ، جـ جـ على التوالى

مسيرات الأفرع :

ينشأ المدد الوعائى الابتدائى للأفرع الجانبية من العمود الوعائى للمحور الرئيسى ، ويكون ذلك عادة فى شكل حزمتين وأحيانا فى شكل حزمة واحدة . تسمى هذه الحزم مسيرات الفروع أو المسيرات الفرعية (شكل ٦٧ ب ، جـ ، ز ، ح) وهذه المسيرات الفرعية كالمسيرات الورقية ، تتصل بأول أجزاء تكونت فى الهيكل الوعائى الأولى . وبذلك تصبح جميع أجزاء المحور والأطراف مرتبطة ببعضها البعض عن طريق الجهاز الوعائى الابتدائى . وفى الحالات التى يتكون فيها المدد الفرعى من مسيرين ، تتحد الحزم بعد مسافة قصيرة لتكون عمودا وعائيا كاملا (شكل ٦٧ جـ) ، أما فى حالة المسير الواحد فقط ، فان الشريط الحزمى يتخذ شكل الهلال أو حدوة الحصان فى المقطع العرضى مع اتجاه الفتحة الى أسفل ، ويتخذ العمود الوعائى للفرع شكل أسطوانة بعد انفلاق هذه الفتحة عند مرور المسير للخارج ، وبينما لا يزال الفرع فى الطور البرعمى ، فان مسيراته تكون فى مرحلة الكمبيوم الأولى وذلك بالرغم من وضوح شكلها وعلاقتها بالعمود الوعائى للفرع الأصلى (شكل ٦٨) .



(شكل ٦٨)

شكل تخطيطى لمنطقة عقدية فى نبات فلوكس يبين علاقة المسيرات الورقية والفرعية بالعمود الوعائى للساق . فالمسير الورقى ينقسم مباشرة الى ثلاث حزم أما المسيران الفرعيان ، وما يزالا فى الطور المرستيمى فى قاعدة البرعم ، يظهران أعلى وعلى جانبى المسير الورقى كما يبينان أول مرحلة من مراحل الالتحام لتكوين العمود الوعائى للفرع

الفرجة الورقية والفرجة الفرعية :

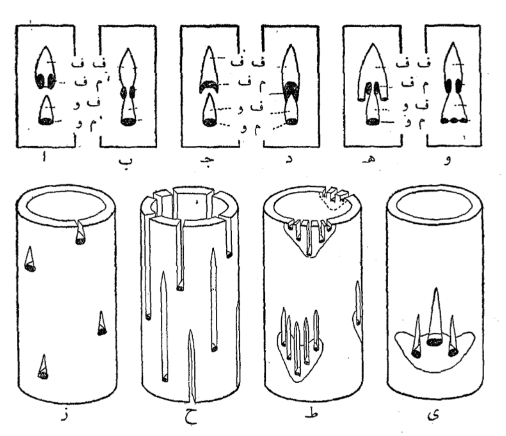
فى معظم النباتات الوعائية يرتبط مرور المسير الورقى أو الفرعى للخارج بحـدوث انفصـال فى الأسطوانة الوعائية فوق نقطة خروج المسير (أشكال ٦٧ ب ، جـ ، ز ، ٦٩ ا ـ و) . وتسمى هذه الفتحة التى تمتزج فيها القشرة بالنخاع بالفرجة — فرجة ورقية فى حالة المسير الورقى وفرجة فرعيـة فى حالة المسير الفرعى . وللفرجات الورقية شكل ثابت فى المجموعة الكبيرة من النباتات الوعائية المسماة (تيروبسيدا) ، وتتكون هذه المجموعة من السرخسيات وعاريات البذور وكاسيات البذور ، ولا توجـد الفرجات الورقية فى مجموعة النبـات المسماه (ليكوبسيدا) وهى تضم الحزازيات الصولجانية ونباتات ذيل الحصان وبعض النباتات القليلة المماثلة . أما الفرجات الفرعية فتوجد فى جميع النباتات الوعائية التى لها نخاع . ولذلك لا توجد الفرجات بطبيعة الحال فى الأعمدة الوعائيـة الأولية . وذلك لعدم وجود نخاع كما أنها لا توجد مع المسيرات الجذرية .

وتختلف الفرجات الورقية كثيرا من حيث اتساعها وارتفاعها كما لا توجد علاقة مباشرة بين حجم الفرجة الورقية وحجم الورقة ذاتها أو نوعها أو بقاءها ، وتكون فرجة الورقة فى عاريات البذور وكاسيات البذور صغيرة عادة ، وممتدة الى مسـافة قصـيرة أعلى نقطة مبـارحة المسير للأسطوانة الوعائية ، أما فى السرخسيات فتكون الفرجة بوجه عام أكبر حجما ، وتمتد الى مسافات بعيدة قد تصل الى عدة سلاميات ، أما الفرجات الفرعية فتكون عادة أكبر من الفرجات الورقية ، كما أنها تمتد فى المحور الى مسافات أكبر .

تقطع الاسطوانة الوعائية بواسطة الفرجات :

تتقطع الأسطوانة الوعائية نتيجة لتكون الفرجات بدرجات متفاوتة ، فعندما تكون الفرجات صغيرة وذات ارتفاع محدود ، فان تقطع الأسطوانة فى هذه الحالة يكون بسيطا (شكل ٦٩ ز) ، ولكن فى حالة ما تكون الفرجات كبيرة وطويلة بحيث تمتد الى سلامية أو أكثر ، فان العمود الوعائى النخاعى يتجزأ (شكل ٦٩ ح) وتتوقف درجة تجزؤ العمود الوعائى النخاعى على عدد وامتداد هذه الفرجات وعلى تقارب العقد . فعندما تتداخل الفرجات لطولها الزائد ، أو لقصر السلاميات فان الأسطوانة تتركب من شبكة من الحزم تظهر فى القطاع العرضى على هيئة دائرة

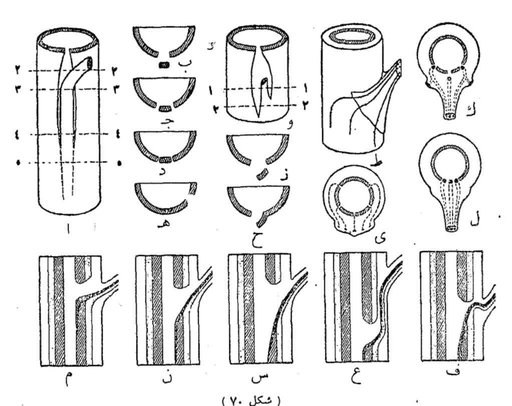
من الأشرطة المتناثرة (شكل ٦٩ ح ، ط) ووجود الفرجات وحدها كاف لأن يجزىء الأسطوانة بشكل واضح الى عدة أشرطة ، ولكن تركيب الأسطوانة يزداد تعقيدا بوجود فرجات الأفرع أى أن وجود الفرجات الورقية والفرجات الفرعية معا يجعل الأسطوانة الوعائية الابتدائية معقدة من حيث ترتيب الأنسجة الوعائية، وعلى الأخص فى مناطق العقد ، حيث تخرج المسيرات الورقية والفرعية . ومما يزيد هذا التعقيد ، فى عدد كبير من الأعشاب والكروم ، وجود انفصالات فى الأسطوانة عن اختزال العمود الوعائى الذى رافق التطور فى التركيب الوعائى الخاص بهذه النباتات .



(شكل ٦٩)

أشكال تخطيطية توضح تباين أشكال المسيرات والفرجات الورقية والفرعية : ا — و مناظر امامية لمنطقة العقدة تبين المسيرات وقد قطعت عند سطح الأسطوانة الوعائية وتبين أيضا فرجات . ا — د مسير ورقم واحد . هـ — ثلاثة مسيرات وثلاث فرجات . و — ثلاثة مسيرات خارجة معا تاركة فرجة واحدة ا — الفرجة الورقية مقفلة تحت المسيرين الفرعيين والفرجة الفرعية . ب — التحام الفرجة الورقية بالفرجة الفرعية . جـ الفرجة الورقية مقفلة تحت موضع خروج المسير الفرعى الوحيد . د — المسير الفرعى الوحيد يخرج عند قمة الفرجة الورقية . هـ — ثلاث فرجات ورقية من ثلاث مسيرات كلها ملتحمة مع الفرجة الفرعية . و — فرجة ورقية واحدة من ثلاثة مسيرات ملتحمة مع الفرجة الفرعية . ز — ى أشكال تخطيطية للاسطوانة الوعائية تبين مقدار ونوع التجزؤ بواسطة الفرجات الورقية

وتنفصل المسيرات الفرعية مباشرة ، وتترك الأسطوانة الوعائية بمجرد انفصالها عنها ، فى حين أن المسيرات الورقية قد تنفصل عن الأسطوانة الوعائية ، ولكنها تحتفظ بمكانها داخل الأسطوانة الى مسافة ما قبل مرورها فى القشرة (شكل ٧٠ ا)



(شكل ٧٠)

أشكال تخطيطية توضح التباين فى كيفية خروج المسيرات الورقية : ا — ه انفصال المسير لمسافة ما تحت نقطة مبارحة الأسطوانة : ا — منظر أمامى . ب — ه قطاعات عرضية عند المستويات أ — أ الى ه — ه على التوالى و — ح انفصال المسير من أحد الجانبين قبل الجانب الآخر : و — منظر أمامى . ز ، ح قطاعات عرضية عند المستويات ا — ، ب—ب على التوالى . ط ، ى خروج المسيرات من الأسطوانة فى مناطق بعيدة عن مكان اتصال الورقة « مسيرات حازمة » . ط — طريق المسيرات كما يرى من الخارج ومبين بالرسم نقط خروج المسيرات من الأسطوانة ودخولها فى عنق الورقة . ى مسقط يبين طريق المسيرات مبتدئة من مواضع خروجها حتى عنق الورقة . ك — مسقط لطريق ثلاثة مسيرات خارجة كل على حدة ونشوء مدد الأذينات من مسيرات جانبية . ل — مسقط لطريق ثلاثة مسيرات خارجة من فرجة واحدة . م — ف قطاعات طولية فى العقد مبينة الطرق المختلفة لخروج المسير .

ويبدو المسير فى غالب الأحيان أسفل النقطة التى يبتعد فيها عن الأسطوانة يبدو كشريط واضح بالرغم من عدم انعزاله ، ويتكون معظمه من خشب أول (شكل ١٧٠ — ه) ويرجع وضوح الشريط فى الأسطوانة الخشبية إلى نوع وحجم الخلايا التى يتكون منها ، اذ تختلف عن خلايا الخشب المجاور ، ولكن المسير لا يكون محددا من الخارج نظرا لاندماجه مع خشب الأسطوانة

(شكل ٧٠ هـ) . وقد لا يمتد المسير الى أسفل على الاطلاق أو قد يمتد الى مسافة قصيرة جدا ، كما أنه قد يمتد الى عدة سلاميات .

وتنفصل حزمة المسير الورقى من الأسطوانة الوعائية من الجانبين فى وقت واحد عادة ، ولكن يحدث فى بعض الأحيان أن يظل أحد الجانبين منفصلا لفترة ما حتى عندما يتأرجح المسير للخارج داخل القشرة (شكل ٧٠ ، ز ، ح) وحينئذ يبدو المسير ، وهو يبارح الفرجة من جانبها أكثر من قاعدتها . وحينما يبرحها لا تكون واضحة نظرا لاندماجها بالفرجة الكبيرة .

عدد المسيرات الورقية فى المجموعات النباتية المختلفة :

يتفاوت عدد المسيرات التى تغذى الورقة الواحدة كما بينا سابقا من واحد الى أكثر ففى عاريات البذور يكون واحدا أو اثنين أما فى كاسيات البذور فالعدد يختلف ما بين واحد أو ثلاثة أو خمسة أو أكثر . وقد يكون العـدد البدائى بالنسبة لمجموعة كاسيات البذور هو الثلاثة . فاذا كان هناك مسير واحد ، فيجوز اعتبار هذا راجعا اما الى التحام المسيرات الثلاثة الأصلية أثناء التطور أو الى اختزال الثلاثة الى واحد بفقدان الحزم الجانبية . وعدد المسيرات الورقية الأكثر شيوعا فى النباتات الزهرية هو واحد أو ثلاثة . فالثلاثة المسيرات تميز تقريبا كل رتـبة الامنتيفيريات[١] وبعض الفصـائل كفصيلة الوردية[٢] والمركبة[٣] والاسفندانية[٤] ويميز المسير الواحد بعض الفصائل مثل الغارية[٥] والخلنجية[٦] والشفوية[٧] . ولا يتوقف عدد المسيرات على حجم الورقة أو نوعها أو بقائها ولا على طبيعـة اتصالها ، فكثير من النبـاتات ذات الأوراق الكبيرة مثل الفراكسنوس ، لها مسير واحد ، فى حين أن نباتات أخرى مثل الجوز لها ثلاثة مسيرات ، وأراليا لها مسيرات متعددة . كما أن النباتات ذات الأوراق الصغيرة قد تكون لها مسير واحـد أو أكثر . والأذينات الزهرية فى جنس الصفصاف ، والتى تعتبر أوراقا دقيقة موسمية ، لها ثلاثة مسيرات . أما الأوراق ذات القواعد

---

(١) Amentiferae

(٢) Rosaceae

(٣) Compositae

(٤) Aceraceae

(٥) Lauraceae

(٦) Ericaceae

(٧) Labiatae

الحاضنة ، فقد يكون لها عدة مسيرات كما فى الفصيلة الخيمية أو يكون لها مسير واحد كما فى الفصيلة القرنفلية .

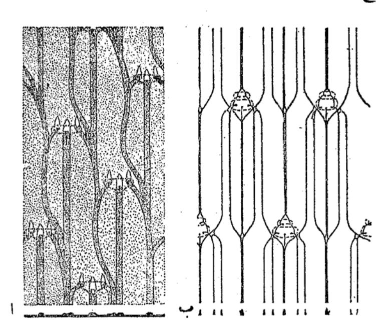
خروج المسير الورقى من الأسطوانة الوعائية :

تخرج المسيرات الورقية عادة من الأسطوانة الوعائيـــة كل على حـــدة الى مســـافات متبـــاعدة على جوانب الســـاق وعمودية على المحـــور (شكل ٧٠ ط ، ى ، ك) . وفى كثير من الأحيان ، تخرج المسيرات جنبا الى جنب (شكل ٦٩ و ، ٧٠ ل) . وفى هذه الحالة تتكون فرجة واحـــدة للمجموعة . وتخرج المسيرات فى أغلب الأحيان من ذلك الجزء من العمود الوعائى الذى يقع تحت موضع اتصال الورقة مباشرة ، وفى حالة وجود أكثر من مسير واحد للورقة الواحدة يظهر المسير الأوسط مقابلا لمنتصف الورقة أما المسيرات الجانبية فتظهر بالتتابع حول الأسطوانة من مواضع تزداد بعدا وعلوا بالنسبة للمسير الأوسط (شكل ٧٠ ط ، ى) .

وقد يحدث أن تخرج المسيرات من العمود الوعائى من الجانب المقابل لموقع الورقة ، وفى هذه الحالة تدخل قاعدة عنق الورقة مباشرة اذا كان العنق يحيط بالساق الى مسافة كبيرة ، أو تحزم الساق داخل القشرة ، وهى تمر الى أعلى فى طريقها الى قاعدة عنق الورقة . وهذه المسيرات التى تحيط بالســـاق الى مسافة ما وهى فى طريقها من الأسطوانة الوعائية الى العنق ، يطلق عليها اسم « المسيرات الحازمة » (شكل ٧ ط ، ى) . وتعتبر المسيرات الورقية فى نخيل السيكاديات نوعا متطرفا من المسيرات الحازمة . ويكون المسير الأوسط هو أكبر الحزم فى المدد الوعائى للورقة عادة ، وتكون المسيرات الجانبية كأنهـــا متتابعـــة من الحزم ، تصغر تدريجيـــا ناحيـــة حواف قاعدة الورقة . على أن المسيرات الجانبية قد تكون أقوى من المسير الوسطى كما فى نبات البطاطس (شكل ٧٣) .

ويختلف كثيرا مقـــدار الزاوية التى يخرج عنـــدها المسير من الأسطوانة الوعائية . فهى عادة صغيرة جدا ، اذ يخرج المسير تدريجيا من النخـــاع مارا بميل أو أحيانا عموديا تقريبا خلال القشرة (شكل ٧٠ ن ، س ، ع) . وأحيانا يتجه المسير الى الخارج بزاوية عمودية تقريبا على العمود الوعائى (شكل ٧٠ م)

ويدخل قاعدة الورقة بعد مسافة قصيرة جدا خلال القشرة . كما أن المسيرات الفرعية تخرج أيضا بزاوية عمودية تقريبا عادة .



(شكل ٧١)
اشكال تخطيطية للأجهزة الوعائية الابتدائية فى السوق وفيها الاسطوانة مشقوقة طوليا وظاهرة من سطح واحد كما أنها مقطوعة عرضيا فى مستوى قاعدة الجزء المبين فى المنظر الأمامى . ا ـ فى نبات الحور الكندى : الأسطوانة متقطعة بالفرجات الورقية فقط وقد رقت بين أشرطة الخشب الأول التى تكون الهيكل الأساسى . ب ـ فى نبات بيليا : وتتركب الأسطوانة من حزم تحتوى على خشب أول وقد ضاعت المساحات بينها بالاختزال . بالشكل ا مبين أصل المسيرات الورقية أما بالشكل ب فمبين أصل المسيرات الورقية والفرعيــة

تجزؤ الاسطوانة الوعائية بالاختزال :

قد تنقطع الأسطوانة الوعائية الابتدائية الى أشرطة متفرقة بواسطة الفرجات وحــدها . ويختلف عدد واتســاع الأشرطة باختلاف نظام المسيرات الورقية والافتراق الزاوى للأوراق وباختلاف طول وعرض الفرجات (شكل ٦٩ ح،ط) . وقد تنقطع الأسطوانة الابتدائية الى أكثر من هذا فى نباتات كثيرة . وقد حدث هذا التقطع أثناء التطور نتيجــة للاختزال المطرد فى كمية الخشب الابتدائى ، ويكون هذا الاختزال أولا قطريا بحيث تصبح الأسطوانة نحيلة ، وثانيا مماسيا بحيث تفقد بعض الأشرطة الطولية فى الأسطوانة (المبينة بخطوط رفيعة فى شكل ٧١ ا) جميع الأنسجة الوعائية الابتدائية . وتسمى المناطق غير الوعائية فى بعض الأحيان الأشعة بين الحزمية (الفصل الحادى عشر) ويوجد الاختزال المماسى

فى معظم النباتات العشبية من كاسيات البذور وبعض النباتات الخشبية منها ، وفى معظم هذه النباتات سرعان ما يغلف النمو الثانوى الأشرطة بين الحزميــة ويطمر الأسطوانة الوعائية الابتدائية (الفصل السادس) . ولا يمكن رؤية هيكل الخشب الابتدائى بسهولة ، الا فى الأطوار الأولى للنمو ، وفى عدد قليل من الأعشاب — تلك التى تعتبر خطأ أمثلة نموذجية لمجموعة الأعشاب من الناحية التشريحية ، مثــل أجنــاس الشقيق والقرع والجــازعة والبيليــا — تكون المساحات الخالية من الأنسجة الوعائية واسعة جدا وغير مغلفة بالأنسجة الثانوية (شكل ٧١ ب) ويمكن رؤية الهيكل الابتدائى بسهولة فى هذه النباتات حتى فى النبات الكامل (تتمة دراسة تركيب الساق فى الفصل الحادى عشر) .

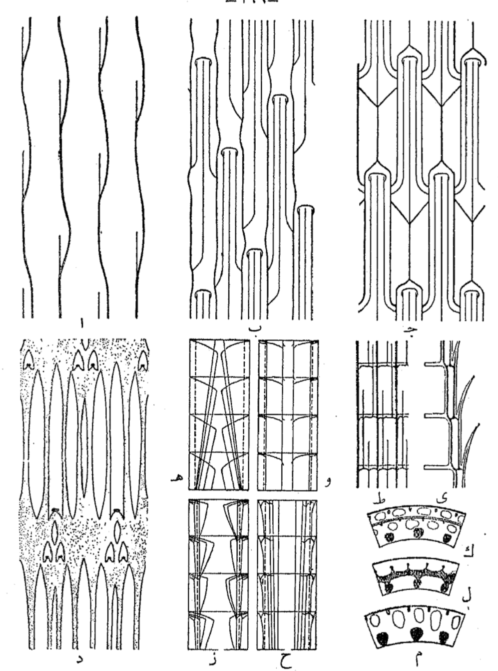
وتكون الأسطوانة الوعائية الابتدائيــة المجزأة بواسطة فرجات الأوراق والأفرع أو بهذه الفرجات مضافا اليها الأشعة بين الحزمية ، تكون شبكة من الأشرطة المترابطة بشكل مميز لكل نوع من الأنواع النباتية ، ويحدث التشابك غالبا فى المناطق العقدية بحيث تمتــد خلال الســلاميات حزم طويلة مستقيمة (شكل ٧١ ب ، ٧٢ ، حـ) . وفى كثير من ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين ، لا تقع الحزم فى شكل أسطوانة ، بل ترتب فى شكل حزم سائبة بحيث تظهر مبعثرة فى القطاع العرضى وفى بعض السرخسيات مثل تيريديوم[١] وفى عدد ضخم من ذوات الفلقتين كجنس دياتير[٢] تكون الحزم أسطوانة مفتوحة ، ولكن عددا قليلا من الأشرطة تمر خلال القشرة أو النخاع . وفى جميع السوق على وجه الاطلاق ، تكون المناطق العقدية أكثر تعقيدا من السلاميات . ففى ذوات الفلقة الواحــدة تتكون عنــد العُقــد تراكيب غاية فى التعقيد (شكل ٧٢ هـ — م) وذلك لكثرة عدد الحزم ولا يوجد غير القليل من المعلومات ، بخصوص النظام الأساسى لهذه العقد ، وفى بعض هذه الحالات ، يوجد بعض أوجه الشبه بينها وبين التركيب العقدى فى النباتات العشبية من ذوات الفلقتين .

وقد أمكن تمييز الحزم فى الأسطوانة الابتدائية المتقطعة الى حزم مسيرية ورقية وحزم ساقية أو قائمة وحزم مشتركة . ولكن استعمال هذه الأسماء لم يثبت بعد ، كما أن التفرقة بين الأنواع الثلاثة أمر ليس بالسهل وغير ذى أهمية

---

(١) Pteridium

(٢) Dianthera

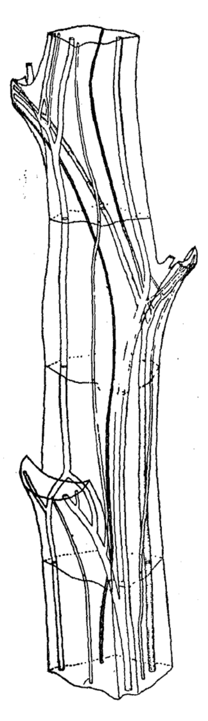


(شكل ٧٢)

أشكال تخطيطية للجهاز الوعائى الابتدائى فى السوق : ا ــ د أسطوانة مفتوحة ويظهر منها سطح واحد فى ا . نبات الثوية (١) وليبن الخطوط أربطة عرضية منفصلة عن بعضها بتقطعات ضيقة . ب ــ فى نبات الرمرام (أو الزربيح) جـ ــ فى نبات أريزين د ــ فى نبات الفدرا (٢) هـ ــ ح أنواع مختلفة لمسلك الحزمة فى ذوات الفلقة الواحدة وتشير الخطوط الأفقية الى العقد والخطوط الراسية المنقطة الى حدود وهمية للقشرة : هـ ــ فى نوع من النخيل و ــ فى نبات ترادسكانتيا (٣) ز ــ فى ريزومة نبات اكوراس (٤) ح ــ فى نبات سكيرباس سبرنياس (٥) فى نبات دوليكيوم (٦) : ط ــ الجهاز الحزمى كما يرى من سطح واحد ى ــ قطاع طولى لـم قطاعات عرضية : ك ــ أعلى العقدة ل ــ مارا بالعقدة م ــ أسفل العقدة

---

(١) Thuja
(٢) Ephedra
(٣) Tradescantia virginica
(٤) Acorus Calamus
(٥) Scirpus cyperinus
(٦) Dulichium arundinaceum



(شكل ٧٣)

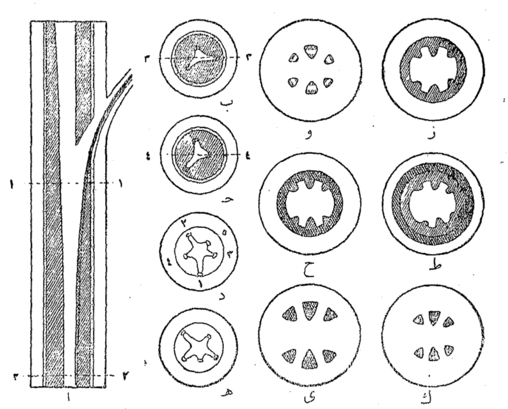
الجهاز الوعائى الابتدائى لساق البطاطس . ويلاحظ أن التركيب العقدى المركب يتكرر عند كل عقدة بحيث تصبح جميع العقد والسلاميات متشابهة فيما عدا موضع الحزم فى الساق . وتكون الحزم الكبيرة ساقية فى حين أن الحزم الصغيرة تكون مشتركة . جميع هذه الحزم ترتبط ببعضها بعد ذلك بواسطة روابط رفيعة من نسيج وعائى ابتدائى يتكون مؤخرا (غير ظاهر بالشكل) وبعد ذلك ينطمر الهيكل الابتدائى بجملته بواسطة الأنسجة الثانوية

كبيرة . فالحزمة التى تتصل على بعد بالجهاز الوعائى للورقة ، حتى ولو كانت النقطة التى نشأت منها تقع على مسافة كبيرة أسفل الورقة — تعتبر حزمة مسير (ذلك لأن تعريف مسير الورقة محدد بالجزء من الحزمة الواقع بين نقطة خروجه من العمود الوعائى وقاعدة الورقة) . ويستخدم لفظ « الحزم الساقية » عادة لتلك الحزم التى تكون معظم الجهاز الوعائى للساق والحزم التى تتفرع لتتحد بحزم مماثلة والتى قد تنشأ منها حزم المسير الورقى ولكنها لا تنتهى على شكل مسيرات ورقية . ويطلق لفظ « حزمة مشتركة » غالبا على الحزم التى تمر خلال الساق لمسافة ما دون أن تتفرع ثم تنتهى كمسيرات ورقية فهى حزم مشتركة بين الساق والورقة . والواقع لفظ « حزمة مشتركة » هو مجرد اسم آخر للجزء من حزمة المسير الورقى الواقع داخل الأسطوانة الوعائية . ويمكن بكل بساطة تسمية الحزم الموجودة بالساق « بحزم الساق » و « حزم المسير الورقى » فالاستعمال المنطقى لأسماء هــذه الحزم يتوقف على تفسير وضــعها الأساسى من الناحية الشكلية — هل تعتبر الأسطوانة الوعائية للساق وحدة أساسية أم تعتبر مكونة من مسيرات ورقية ملتحمة . ولا يتسع المجال هنــا لدراسة أكثر تفصيلا لهذا الموضوع .

التركيب العام للأسطوانة الوعائية الابتدائية :

فى معظم كاسيات البذور الخشبية وفى بعض كاسيات البذور العشبية ، لاتنقطع الأسطوانة الوعائية الابتدائية كثيرا بواسطة مجموعات برنشيمية بين حزمية ، كما فى التكوينات التى سبق شرحها . ولكنها تتثقب فقط بواسطة فرجات ورقية وفرجات فرعية متباعدة وصغيرة نسبيا . فى هذه الصفائح الأسطوانية من النسيج توجد عادة حواف بارزة ناحية النخاع (شكل ٧١ ا ، ٧٤ و — ك) . هذه الحواف البارزة تقابل الحزم من الناحية الشكلية فى العمود الوعائى المتقطع . وأثناء التطور التكوينى للأسطوانة الوعائية تتم هذه الحواف البارزة نموها أولا ، مبتدئة بالحواف الأكبر والأكثر بروزا . كما تنضج الأجزاء الداخلية من الأشرطة الأولى والتى تتكون من الخشب الأول . وتتكون بعد ذلك حواف أقل بروزا تحتوى على قليل من الخشب الأول أو قد لا تحتوى عليه اطلاقا . وعندما تكون الساق صغيرة جدا ، والحواجز الرابطة من الحزم لا زالت غير متميزة ، تتكون الحواف البارزة من حزم متباعدة (شكل ٧٤ و) وعنــدما يتم نضج النسيج

الوعائى وتتحد الحزم فى شكل أسطوانة (شكل ٧٤ ز) تظل الأشرطة الأولى بارزة وذلك لقربهـــا من مركز النخاع ولوجود الخشب الأول بهـــا . وفى تلك



(شكل ٧٤)

ا ــ هـ أشكال تخطيطية تبين تأثير المبارحة التدريجية للمسير على شكل النخاع : ا ــ حـ من نبات النوس د ، هـ من نبات البلوط ا قطاع طولى (فى مستوى حـ ــ حـ من ب) ب ، حـ قطاعات عرضية للساق المبين فى ا فى المستويات ١ ــ ١ ، ب ــ ب على التوالى (تخرج المسيرات تبعا لافتراق زاوى قدره ١/٣) د ، هـ قطاعات عرضية لساق مماثلة مع افتراق زاوى قدره ٢/٥ ، د أسفل هـ بسلامية واحدة والمسيرات مرقومة حسب ترتيب خروجها ا ، ب ، حـ ، د ، هـ ، و ــ ك قطاعات عرضية تخطيطية تبين شكل الأسطوانة الوعائية الابتدائية والحواف البارزة للداخل والتى تمثل حزما ساقية وحزم مسيرات ورقية كما تظهر فى السلامية (و ــ ط على أساس نبات الحور) و ــ ساق حديثة وقد نضج بهـــا الخشب الابتدائى الأول فقط والذى يكون الحواف البارزة ، ز ــ الحواف البارزة وقد اتصلت بما تكون بعد ذلك من خشب ابتدائى ، ح ــ الحواف البارزة وقد اتصلت بواسطة الخشب الثانوى فقط ، ى ــ الحزم الابتدائية الأولى وقد تكون خارجها خشب ثانوى دون أن تتصل ، ك ــ مثل ى مع عدم وجود خشب ثانوى (اللحاء غير مبين فى الأشكال و ــ ك)

النباتات التى لا تلتحم فيها الحزم ببعضها أثناء النمو الابتدائى بواسطة أنسجة وعائية ابتدائية تتكون عند ذلك أسطوانة من أشرطة ابتدائية منعزلة ولكن هذه الحزم قد تلتحم عن طريق النمو الثـــانوى (شكل ٧٤ ح) وبذلك تتكون فى النهاية أسطوانة كاملة من التحام الحزم الابتدائية الأولى ، اما عن طريق نمو ثانوى (الفصل السادس) . وفى الحالات التى لا تتكون فيهـــا أنسجة رابطة

لا ابتدائية ولا ثانوية فانه يتكون عمود وعائى مركب من أشرطة متفرقة (شكل ٧٤ ى ، ك) يطلق عليه اسم « الطراز العشبى » . وهذا الوضع يشبه الى حد كبير الطور البدائى لأسطوانة وعائية كاملة عند ظهور الحزم الأولى وفى بعض الأعشاب من ذوات الفلقتين مثل العشار وهيبركم وديجتالس [1] لا توجد أشرطة بارزة من الخشب الأول اللهم الا بعض المسبرات الورقية بالقرب من نقطة خروجها وذلك لأن الخشب الأول يبدأ فى الظهور كله دفعة واحدة تقريبا وموزعا بانتظام حول الأسطوانة .

وأكثر ما يظهر من البروزات الناتئة داخل النخاع — كما يتضح فى القطاع العرضى للأسطوانة الخشبية فى الساق — هى حزم المسيرات الورقية عادة ، وأكبرها المسيرات الورقية الوسطى للأوراق العليا مباشرة . وكلما اقتربنا من العقدة ، يقل وضوح هذه المسيرات الكبرى تدريجيا ، وتبدو كنتوءات بارزة فى النخاع لأنها تتأرجح للخارج ، اما تدريجيا (شكل ٧٤ ا) أو فجأة ، ثم تميل الى الاستقرار بين أسنان الأسطوانة الوعائية وليس فوق النقط البارزة (شكل ٧٤ ب — هـ) . ويحدث بعد ذلك أن تمتد داخل الأسطوانة الوعائية حواف بارزة من النخاع . وكلما اتجهت المسيرات للخارج ازدادت بروزات النخاع فى العرض حتى تخترق الأسطوانة الوعائية أعلى المسير مكونة فرجة ورقية . وقد يدل شكل النخــاع فى القطاع العرضى دلالة واضــحة على الافتراق الزاوى للأوراق فى النبــات . اذ يظهر الافتراق الزاوى بمقدار ١/٣ فى نخــاع مثلث الفصوص كما فى جنس النوس [2] (شكل ٧٤ ا — حـ) وبمقدار ٢/٥ فى نخــاع خماسى الفصوص كما فى جنس البلوط [3] وجنس الحور [4] (شكل ٧٤ د ، هـ) وبمقدار ١/٢ فى نخاع بيضى الشكل كما فى جنس الموس [5]. أما فى السلاميات الطويلة ، فان الحواف البارزة للنخاع تظهر فقط حيث تمر المسيرات مائلة للخارج تدريجيا فكلما تدرج المسير فى الخروج ، كلما ازداد فص النخاع طولا وعمقا ، وقد يختفى التفصص اذا زاد عدد المسيرات للورقة الواحدة عن واحد ولكن عادة تكون المسيرات الجانبية أصغر وتمر للخارج بتدرج أقل كثيرا عن المسيرات المتوسطة بحيث يكون تأثيرهما على شكل النخاع ضئيلا .

---

(١) Digitalis. Hypericum. Aselcpias
(٢) Alnus
(٣) Quercus
(٤) Populus
(٥) Almus

وقد تكون الحزم الأولى من حيث العدد قليلة أو كثيرة سواء ظلت منفصلة الى النهاية ، أو التحمت لتكون أسطوانة ، كما أنها تختفى اذا تكونت أسطوانة كاملة غير متقطعة ، سواء تكونت هذه الأسطوانة من أنسجة ابتدائية فقط ، أو اكتملت نتيجة لنمو ثانوى . أما فى ذوات الفلقة الواحدة فان كثرة عدد الحزم وتعقد نظامها يجعلان فهم ترتيبها من الأمور العسيرة عادة .

النخـــاع

يكون النخاع جسما من النسيج أسطوانى الشكل تقريبا ويقع فى مركز المحور ومحاط بالأنسجة الوعائية (شكل ١٣٥) . وبالسطح الخارجى للنخاع أخاديد ناتجة عن بروز أشرطة الخشب الأول للداخل وتوجد بالنخاع فى بعض النباتات حواف بارزة وذلك لامتداده على هيئة أشعة بين الحزم وفى مواضع فرجات الأوراق والأفرع كما يتوقف عدد هذه الأخاديد وعمقها وترتيبها على النظام الهيكلى للنبات وعلى صفات أخرى .

تركيب النخاع :

يتركب النخاع من نســيج منتظم معظمــه من الخلايا البرنشيمية المرتبــة ترتيبا فسيحا بحيث تضم فى أغلب الأحيان مسافات بينية واضحة . كما أنهــا قد تنتظم فى بعض النباتات فى صفوف طولية (شكل ٤٣ ا ، حـ ، د) . وتختلف خلايا النخاع فى الشكل كثيرا ولكنها غالبا متساوية الأبعاد أو أسطوانية ذات جدر سليولوزية رقيقة . وقد يوجد علاوة على ذلك خلايا برنشيمية ملجننة ذات جدر غليظة ، أو سكلريدات مرتبة فى مجموعات متباعدة مكونة أقراصا أو حجبا متينة ، تكون ما يسمى بالنخاع المحجب أو الغشائى . ويوجد نوعان من النخاع المحجب : نوع تصمد فيه الخلايا الصغيرة رقيقة الجدر المحصورة بين الأقراص كما فى نباتى نسا[١] والليرودندرون[٢] ونوع تضمر فيه هذه الخلايا عندما تقترب من نهاية الموسم الذى تكونت فيه كما فى الجوز[٣] وتوجد الألياف بالنخاع فى حالات نادرة ، حيث توجد فى الأجزاء المتطرفة التى تنتمى من الناحية الشكلية للأنسجة الوعائيــة الابتدائية وخاصــة اللحاء الداخلى . وتمتاز خلايا النخاع ، وهو فى دور التكوين ، بالنشاط وباحتوائها فى بعض الأحيــان على

---

(١) Nyssa
(٢) Liriodendron
(٣) Juglans

بلاستيدات خضر فى الأفرع المورقة . ولكن عندما يتم نضجه يقل نشاط الخلايا وتفقد بعضها أو كلها محتوياتها الحية وبذلك توجد بالنخاع خلايا حية وخلايا ميتة بنسب متفاوتة . وتتفاوت هذه النسب فى الأجزاء المختلفة من النبات كالعقد والسلاميات كما تختلف فى الأنواع المختلفة من الجنس الواحد . وتظل الخلايا الصغيرة والقريبة من النسيج الوعائى حية عادة ، وتكون مع الخلايا التى فقدت حيويتها نظاما محددا . وتقوم خلايا النخاع الحية فى النباتات الخشبية بالادخار فى فترات السكون فتمتلىء بالمواد الدهنية .

ويكون النخاع عادة كثير الشبه بالقشرة فى النبات الواحد ، وذلك من حيث أنواع الخلايا والمسافات البينية والأنسجة الافرازية ومحتوياتها الحية ، وذلك فيما عدا الخلايا الواقية والعمادية والتى تقوم بعملية البناء الضوئى فهذه قد تندر أو تنعدم فى النخاع .

وفى أثناء التطور التكوينى للساق تتم خلايا النخاع نموها فى كثير من النباتات فى وقت مبكر جدا ، وما زالت الأنسجة المحيطة بها مرستيمية ومستمرة فى الاستطالة ، بحيث قد يتمزق النخاع قليلا أو كثيرا . أما اذا كانت هناك زيادة ملحوظة فى الغلظ تجرى فى نفس الوقت مع الزيادة فى الطول يتمزق النخاع بحيث يصبح « نخاعا أجوف » ويبطن التجويف المتكون فى هذه الحالة بالخلايا المتقطعة (شكل ١٣٥ د ، ١٣٦ حـ) . هذا الوضع شائع بين النباتات العشبية ولكنه نادر بين النباتات الخشبية — وتتكون فى بعض الحالات التى لا تتمزق فيها خلايا النخاع تمزقا عنيفا فجوات أو قنوات مختلفة الحجوم . ويرجع تكون الحجب العقدية الى وجود خلايا مغلظة عند العقد ، أو الى النمو السريع للسلاميات ، بحيث تتمدد المناطق العقدية الى درجة أقل بكثير من تمدد السلاميات (فزيادة حجم البرعم ترجع أساسا الى نمو السلاميات) .

الغمد النخاعى :

تتكون الطبقات الخارجية المحيطة بالنخاع فى كثير من السوق من خلايا صغيرة غليظة الجدر عادة متلاصقة الى حد ما وغنية بالبروتوبلازم ، وبالرغم من أن هذه الطبقات تختلط بالمنطقة المركزية الا أنها كثيرا ما تميز على أنها « غمد نخاعى » أو منطقة نخاعية محيطة . وفى حالة وجود اندودرمس داخلى ، فانها

تفصل هذه المنطقة عن منطقة النخـاع الأصلية . وتمثل الأجزاء الموجودة الى أقصى الخارج من هذا الغلاف ، برنشيمة الخشب الابتدائى وذلك لأن مجموعات الخشب الأول من قصيبات وأوعية تمتد داخله فى حالة وجود لحاء داخلى ، وتقع مجموعات الأنابيب الغربالية بالقرب من منتصف الغمد ولذلك فان هذه المنطقة لا تعتبر من الناحية الشكلية جزءا من النخاع .

وقد تكون خلايا الغمد النخاعى برنشيمية كما فى كثير من النباتات التى تنتمى الى فصائل الرمرامية والسوسبية وفصيلة لسان الثور أو سكلرنشيمية كما فى بعض نباتات الفصيلة المركبة والفصيلة الخيمية وأحيانا تكون برنشيمية وسكلرنشيمية معا . ونادرا ما توجد بها ألياف وفى هذه الحالة توجد مرتبطة أساسا باللحاء الداخلى .

نخاع الجذور :

تتميز الجذور بافتقارها الى نخاع . ويشبه فى تركيبه نخاع الساق ان وجد فى نفس النبات ، وان كان أكثر منه تجانسا ، كما أنه لا يتعرض لأى تمزق . ويكون نخاع الجذر أسطوانيا الى درجة أكبر من الساق لأن أطراف الخشب الابتدائى لاتمتد داخله ، كما أن الأسطوانة الوعائية تخلو من وجود فرجات بها.

بقاء النخاع :

يصمد النخاع الى مدى غير محدود فى كل النبـاتات تقريبا . وفى السوق الخشبية تتأثر خلايا النخاع بالتغيرات التى تحدث أثناء تكوين الخشب الصميمى للحلقات السنوية الأولى . ولكن هذه الخلايا تظل فى معظم النباتات الخشبية محتفظة بحيويتها حتى يطرأ عليها هذا التغيير . وفى بعض النباتات الأخرى تموت جميع خلايا النخاع فى وقت مبكر . ولا يتفتت النخاع نتيجـة لضغط الحزم الوعائية أثناء النمو الثانوى ، وان كان تفتتا من نوع خاص ، يحدث فقط فى قليل من الكروم الخشبية ذات التركيب الشاذ فى الساق ؛ كما فى جنس الزراوند وذلك أثناء النمو الثانوى . وفيما عدا ذلك لا يطرأ على النخاع أى نمو أو تغيير بعد تمام النمو الابتدائى للمحور ، ولذلك فان النخاع فى جذوع الأشجار وفى السوق المسنة الأخرى يبقى من حيث حجمه وشكله وتركيبه على نفس الحالة

عليها فى الفرع الحديث حين بدأ النمو الثانوى وان اختلف فقط فى عدم وجود البروتوبلاست فى خلاياه وفى صفاته الكيمائية .

البريسيكل

البريسيكل عبارة عن نسيج على هيئة أسطوانة رقيقة تتكون على الأكثر من بضعة صفوف من الخلايا تغلف الأنسجة الوعائية ، يحده من الداخل اللحاء الابتدائى ومن الخارج الاندرودرمس . أما فى حالة وجود الاندرودرمس فان البريسيكل يختلط بالقشرة . ويتكون البريسيكل فى الحالة النموذجية من خلايا برنشيمية كما فى معظم الجذور وفى سوق التريديات . أما « ألياف البريسيكل » التى توجد بوفرة فى بعض النباتات فقد تبين فى السنين الأخيرة ، أنها جزء من اللحاء الابتدائى ، فهى فى الواقع تلك الخلايا التى كانت تحيط بعناصر اللحاء الأول واختفت فى وقت مبكر أثناء تكوين هذا النسيج ، ولا يعرف الآن الى أى مدى يمكن اعتبار ألياف البريسيكل بوجه عام أليافا لحائية ، بالرغم من أنه قد ثبت بشكل قاطع ، أن كثيرا من ألياف البريسيكل ، كتلك الموجودة فى نباتات التيل والكتان هى فى الواقع ألياف لحائية . كما أنه لا يزال من غير المعروف ، اذا كانت تلك الألياف التى تتبادل مع مجموعات اللحاء الأول تنتمى الى اللحاء أم لا . (ولذلك فدراسة التطور التكوينى لهذه المنطقة لازمة لامكان تحديد النسيج الذى تنتمى اليه تلك الألياف المسماة « بألياف البريسيكل » .

وقد قيل بعدم وجود بريسيكل فى سوق كثير من نباتات كاسيات البذور وذلك لأن الألياف التى كان يظن أنها تكون معظم هذه الطبقة تنتمى الى اللحاء . ويوجد بريسيكل واضح ومحدد فى ساق وجذر النباتات اللازهرية الوعائية كما يوجد فى جذور النباتات البذرية . وقد يختفى البريسيكل فى سوق بعض النباتات البذرية وتوجد اندودرمس حقيقية أو أثرية فى سوق بادرات كثيرة من كاسيات البذور وفى قواعد سوق كثير من الأعشاب كما يوجد شريط ضيق من خلايا برنشيمية يفصل الغلاف الاندودرمى عن اللحاء . ويمثل هذا الشريط اما أقصى طبقة للخارج من اللحاء الابتدائى أو طبقة بريسيكل شبيهة بالطبقة الموجودة فى الجذر ومتصلة بها وتقع ألياف اللحاء الأول ملاصقة للاندودرمس فى نباتات أخرى وخاصة الأعشاب الخشبية مباشرة دون وجود طبقة بريسيكل ولذلك تحتاج منطقة البريسيكل الى دراسة دقيقة ومفصلة .

وتتكون البريسيكل فى الجذور عادة من خلايا برنشيمية ويكون البريسيكل فى هذه الحالة منشأ الأنسجة البرنشيمية التى تتكون منها الجذور الجانبية وطبقات الكمبيوم الفلينى التى تتكون فيما بعد كما ينشأ منه الكمبيوم الثانوى فى الأعمدة الوعائية الشاذة . لهذا السبب ترجع تسمية البريسيكل فى الجذور قديما بالكمبيوم المحيطى . كما تظهر الجذور والسوق العرضية عادة من البريسيكل . وقد تتلجنن أو تتسوبر خلايا البريسيكل فى الجذور المسنة .

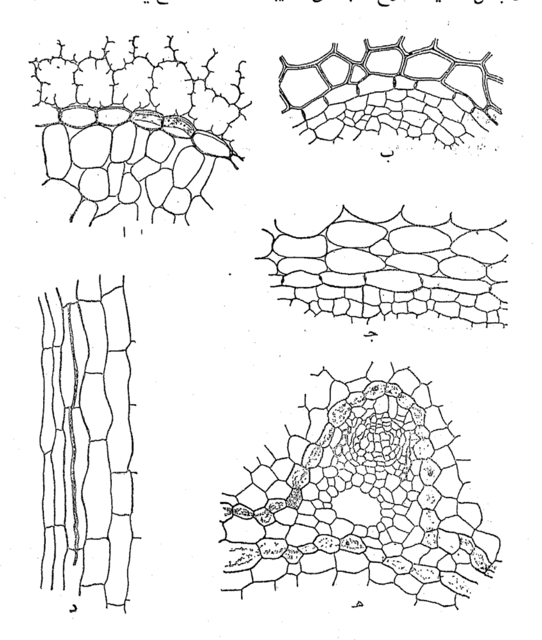
وتشترك خلايا البريسيكل البرنشيمية فى وظيفة الادخار مع الخلايا المشابهة فى المناطق الأخرى . كما قد تحتوى البريسيكل على خلايا وقنوات افرازية ، لبنية ، وأنواع أخرى من الخلايا المتخصصة .

الاندودرمس
(البشرة الداخلية)

يتكون الاندودرمس من طبقة من صف واحد من الخلايا تفصل العمود الوعائى عن القشرة ولا توجد بين هذه الخلايا أية مسافات بينية ، كما أن لها صفات تركيبية خاصة تختلف عن الخلايا الأخرى فهى فى الحالة النموذجية مستطيلة مع موازاة طولها لمجرى النسيج الوعائى وجدرها الطرفية مستعرضة . كما أنها بيضية فى القطاع العرضى وتقع بحيث يكون محورها الطويل فى اتجاه مماسى وهى شبيهة بأية خلايا برنشيمية أخرى من حيث محتوياتها الحية . وقد يوجد بالخلايا نشا أو تانين أو مواد هلامية فى كثير من الأحيان كما يوجد بها فى بعض الأحيان بللورات بوفرة فى جنس ايبوس

وتتميز خلايا الاندودرمس بميزة هامة هى وجود مادة شمعية شبيهة بالكيوتين والسوبرين فى أجزاء محددة من الجدار وهذه المادة تجعل هذه الأجزاء غير منفذة للماء وهى تصطبغ الى حد ما بالصبغات التى تصبغ مادة اللجنين ، وقد سميت هذه المادة حديثا لجنوسوبرين . وخلايا الاندودرمس نوعان : نوع رقيق الجدار ونوع غليظ الجدار . وفى النوع الأول تتخذ أجزاء الجدار المتحورة شكل أشرطة تسمى أشرطة كسبار وتحيط هذه الأشرطة بالخليةاحاطة تامة حول جدرهاالقطرية والطرفية (شكل ٧٥) وتختلف هذه الأشرطة فى عرضها من خيوط دقيقة الى أشرطة عريضة تحتل الجدار القطرى بأكمله . وقد تختلف هذه الأشرطة عن بقية الجدار من حيث طبيعتها الكيمائية ولكنها تكون أكثر غلظا منه عادة ويطلق على

هذه الأشرطة فى القطاع العرضى (شكل ٧٥ ا ـــ حـ) اسم نقط كسبار أو نقط قطرية . هذا النوع من الاندودرمس رقيق الجدر هو النوع الأكثر شيوعا ويسمى فى بعض الأحيان النوع الابتدائى . ويبدو أن هذا النوع يمثل الطور الأول ـــ



(شكل ٧٥)

الاندودرمس : (ا) قطاع عرضى فى ورقة الصنوبر يبين الأشرطة الكسبارية فى القطاع العرضى والجدر الطرفية فى منظر أمامى (ب) قطاع عرضى فى ريزوم سرخس ـ بوليبوديوم (عديد الأرجل) (حـ) ، (د) قطاع عرضى وقطاع طولى فى ساق نبات لوبيليا يبينان النقط القطرية والأشرطة الكسبارية فى منظر أمامى على الجدر القطرية (هـ) قطاع عرضى فى الاندودرمس الخارجى والداخلى فى ساق ذيل الحصان اكويزيتم يبين محتويات الخلية متبلزمة ولكنها محتفظة باتصالها بالاشرطة الكسبارية

بعد المرستيمى — فى التطور . اذ يبقى بعد تمام النمو فى النباتات التريدية وبعض ذوات الفلقتين .

أما فى الاندودرمس غليظ الجدار فان الجدر الداخلية والقطرية وفى بعض الأحيان جميع الجدر تتغلظ (شكل ٧٦) بواسطة صفائح من السوبرين تترسب على الجدار الأول بما فى ذلك الأشرطة الكسبارية . ولهذا يسمى هذا النوع بالثانوى ولكنه ليس نسيجا ثانويا . وقد يزداد التغلظ الى حد كبير بحيث يملأ معظم فراغ الخلية (شكل ٧٦ ا) ويكون الجدار الغليظ فى هذه الحالة شديد « التسوبر » كالأشرطة الكسبارية ويحدث فى الأطوار الأخيرة من هذا التغلظ أن تكون الصفائح جلها أو كلها من السليولوز وفى هذا النوع من الاندودرمس غالبا ما تظهر بين مكان وآخر خلايا منعزلة رقيقة الجدر تسمى خلايا موصلة أو خلايا مرور . لا توجد فى هذه الخلايا أى مناطق مسوبرة . وتقع هذه الخلايا فى الجذر مقابل الخشب الأول . وقد تتنقر كثيرا جدرها القطرية والمماسية وتظهر هذه النقر أيضا فى الشريط الكسبارى اذا كان عريضا . أما الجدر الطرفية فقد يوجد فيها قليل من النقر أو قد لا يوجد بتاتا .

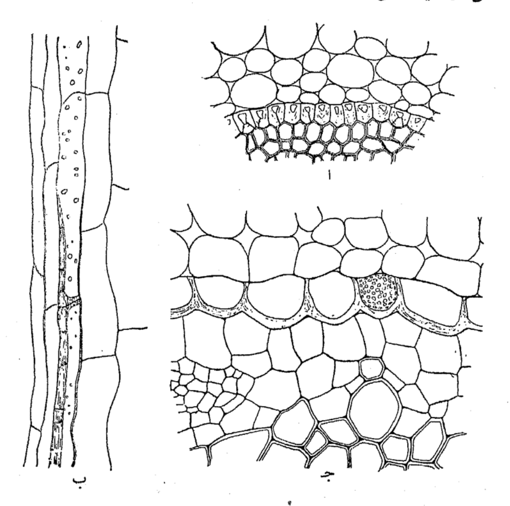
ويوجد النوع الابتدائى فى التريديات وفى معظم ذوات الفلقتين أما النوع الثانوى فتتميز به نباتات ذوات الفلقة الواحدة .

توزيع الاندودرمس وموضعه :

يرتبط الاندودرمس من حيث موضعه فى جسم النبات ارتباطا وثيقا بالجهاز الوعائى . ففى الحالة النموذجية يقع الاندودرمس خارج الخلايا الوعائية اما ملاصقا لها مباشرة أو خارج البريسيكل وبذلك تفصل العمود الوعائى عن القشرة . ويوجد اندودرمس داخلى فى سوق بعض النباتات . وتعتبر هذه الطبقة من الناحية الشكلية ، جزءا من الاندودرمس الخارجى ، تفصل العمود الوعائى عن النخاع .

وقد اعتبر الاندودرمس الطبقة الداخلية من القشرة ، كما اعتبر أيضا الطبقة الخارجية من العمود الوعائى . فقد قيل بانتمائها الى القشرة على أساس نشأتها ، ذلك لأنها تنشأ عادة من نفس الخلايا الوالدية التى تنشأ منها خلايا القشرة الداخلية .

على أنه قد تبين أن الاندودرمس ، يمكن أن ينشأ فى الساق من خلايا الكمبيوم الأولى الوالدية ، التى تكون خلايا البريسيكل واللحاء الأول . أما فى الجذور فهى



(شكل ٧٦)

الأنواع ذات الجدر الغليظة من الاندودرمس : (ا) قطاع عرضى ، (ب) قطاع طولى فى جذر نبات سميلاكس (ﺣ) قطاع عرضى فى جذر نبـات الموز

تنتمى من حيث نشأتهـــا كنسيج اما للعمود الوعائى أو الى القشرة . أما من الناحية الوظيفية ، فمن الواضح أن الاندودرمس يكون طبقة تفصل بين منطقتين وقد اعتبر هنا الاندودرمس — لسهولة الوصف — الطبقة المحـددة للعمود الوعائى .

وطبقة الاندودرمس التى تحد النسيج الوعائى من الداخل وتفصله فصلا تاما عن النخاع تسمى اندودرمس داخلى (شكل ٧٥ ﻫ) . مثل هذه الطبقة

ليست من الناحية التركيبية مميزة عن الاندودرمس الخارجى حيث أنهما يستمران خلال الفرجات الورقية والفرعيـة . ولا يقوم الاندودرمس بتحديد النسيج الوعائى فى المحور فحسب بل انما قد يحيط بالحزم الوعائية فى الأوراق أيضا كما فى جنس لسان الحمل [١] . وربما بشكل متحور فى النجيليات ويعرف حينئذ « بالغلاف النخاعى » . ولكنها ليست بهذا الوضع صفة ثابتة للنباتات الوعائية . وتوجـد طبقة الاندودرمس فى جميع الجذور وتتخلل النبـات كله فى معظم التريديات . أما فى عاريات البذور فتتميز بها الأوراق ولكنها تختفى غالبا من السوق . ويوجد الاندودرمس فى كاسيات البذور فى بعض أجزاء السوق فى غالبية الأنواع العشبية كما توجد أيضا فى النباتات المائية وفى نباتات البيئات الرطبة وفى النباتات الزاحفة وفى كثير من البادرات وفى الريزومات وبعض قواعد الأوراق وفى قواعد السوق مع عدم وجودها فى أجزائهـا العليـا . وينعدم الاندودرمس عامة فى السوق الخشبية وفى أوراق كاسيات البذور . أما فى النباتات العشبية فالاندودرمس أكثر شيوعا فى الفصائل الراقية وعلى الأخص ذوات الفلقتين منفصلة البتلات وملتحمة البتلات . وفى النباتات ذوات الفلقة الواحدة حيث يكون الاندودرمس أكثر شيوعا من ذوات الفلقتين يوجد عادة النوع الثانوى منه . وفى سوق كثير من النباتات التى تفتقر الى اندودرمس نموذجى توجـد طبقـة من الخلايا قريبة الشبه بالاندودرمس ولكن جدرها سليلوزية بسيطة تحل محل الاندودرمس ويرجح أن تكون هذه الطبقة اندودرمسا أثريا .

وقد يختلف اختلافا بينا وجود الاندودرمس فى جنس ما أو حتى فى نبات بذاته ففى جنس الفلفل مثلا ، قد يوجد الاندودرمس على هيئة أسطوانة كاملة من خلايا نموذجية وقد يوجد على هيئة طبقة أثرية . بل قد يكون الاندودرمس طبقة غير متصلة توجد فى بعض السلاميات ولا توجد فى البعض الآخر . كما أنها قد توجد مقابل الحزم الوعائية وتنعدم فيما بينها .

وظيفة الاندودرمس المرتبطة بتركيبه :

لقد كانت وظيفة الاندودرمس وما زالت موضع أخذ ورد منذ أن بدىء فى دراستها . وقد عزى اليها عدة وظائف بنى معظمها على أساس علاقتها الظاهرة

---

(١) Plantago

بالماء والنسيج الوعائى ، اذ تبدو طبقة الاندودرمس كطبقة غير منفذة للماء بين الخلايا الوعائية والأنسجة المحيطية خصوصا حيث تكون أعضاء النبات فى موقع رطب أو مبتل ، ولكنها توجد أيضا فى كثير من نباتات التربة الجافة وفى أوراق عاريات البذور ذات البيئة الجفافية ، ويمكن اعتبار عدم وجودها فى الأغصان الخشبية راجعا الى فقدانها أثناء مراحل التطور ، ويمكن الاستدلال على أن الاندودرمس نوع من سدود المياه بأنها (أولا) تفتقر دائما الى المسافات البينية و (ثانيا) جدرها تكون مكوتنة أو مسوبرة الى حد ما بحيث أن النوع ذا الجدر الرقيقة لا يستطيع الماء أن ينفذ خلاله الا عن طريق الجدر الماسية والبروتوبلاست ، أى خلال غشاء شبه منفذ . ولذلك اعتبر الاندودرمس طبقة ممررة تفصل مناطق تختلف فى ضغطها الاسموزى ، وتمنع فقدان الأملاح والغذاء من النسيج الوعائى أيضا .

ومن بين الوظائف العديدة والمتباينة التى أسندت الى طبقة الاندودرمس فىالعصور المختلفة ما يأتى : (ا) كطبقة واقية ميكانيكيا أى أنه يمكن اعتبارها بشرة اضافية داخلية (وبهذا الوضع تقوم الاندودرمس الثانوية فى جذور ذوات الفلقة الواحدة بالوقاية عند تمزق القشرة مع العلم بأن معظم طبقات الاندودرمس ذات طبيعة رقيقة) . (ب) لها علاقة بالمحافظة على الضغط الجذرى (ج) تعمل كسد هوائى يمنع الخلايا الموصلة للماء من انسدادها بالهواء .

وقد أوحى وجود النشا فى خلايا الاندودرمس بنظريات أهملت منذ فترة طويلة — بأن الاندودرمس هو « غلاف نشوى » موصل للكربوايدرات أو طبقة تحد المواد المدخرة من الداخل أو من الخارج . كما أن وجود حبيبات النشا ونوعها وسلوكها فى بعض النباتات ، قد أدت أيضا الى النظرية التى تقول أن هذه الطبقة هى عضو «توجيه» بمعنى أن هذه الحبيبات تعمل كأحجار توازن وبتغير وضعها فى السيتوبلازم تولد حوافز حسية تؤدى الى تغير اتجاه عضو النبات . مثل هذه الوظيفة ، قد تتميز بها فعلا الاندودرمس فى نباتات معينة وفى أجزاء معينة من النبات اذ أن حبيبات النشا ليست دائما موجودة فى خلايا الاندودرمس كما أنها فى أنواع كثيرة من خلايا الاندودرمس لا تستطيع أن تنتقل من مكان لآخر فى الخلية كلما تغير اتجاه عضو النبات لوجود بعض الأصباغ أو البلورات فى تلك الخلايا .

لذلك فوظيفــة الاندودرمس لا زالت موضــع نزاع . ومع ذلك فعلاقة الاندودرمس بالماء والعناصر الخشبية أمر لا شك فيه . ومن الأرجح أن وظائفها الخاصة فى النباتات المختلفة ترجع الى اختلاف تركيبها فى هذه النباتات . على أن هناك بلا شك وظائف ثانوية أما الوظائف الأصلية فربما اختفت فى بعض النباتات .

على أن الحقائق الخاصة بتوزيع الاندودرمس فى المجموعات النباتية واختلافها فى التركيب قد توحى بأن الاندودرمس قد يكون تركيبا قديما له أهمية فسيولوجية وربما شكلية ولكنه تحور أثناء مراحل التطور السلفى ولذلك فهو يحتفظ بوظائفه الأصلية الى حد ما بالرغم من أنه أصبح أثريا فى طبيعته ففى بعض النباتات تخصص الاندودرمس أو تكيف لوظائف جديدة وهذا ما يحدث كثيرا بالنسبة للتراكيب الأثرية ، كما أنه قد اختفى من الأفرع الخشبية حيث يستمر النمو الثانوى .

وقد يحدث أن تتحول خلايا الاندودرمس — فيما عدا خلايا النوع غليظ الجدر — الى خلايا مرستيمية فى أى وقت . وعلى ذلك ينشأ منها الكمبيوم الفلينى فى الجذر فى كثير من الأحيان — وفى بعض الأحيان — الكمبيوم الفلينى فى الساق ، كما أن منشئات الجذور الجانبية والبراعم العرضية كثيرا ما تنشأ من هذه الطبقــة . وحيث أن نمو الاندودرمس يتم مبكرا أثنــاء تكون الأنسجة الابتدائية لذلك فانه يستطيع أن يستمر كغلاف أو غمد أثناء الزيادة الابتدائيــة فى الطول وفى الغلظ . أما فى حالة الزيادة فى الغلظ الناتجة من تكون أنسجة ثانوية لابد للاندودرمس لكى يصمد طويلا أن تتكون به خلايا جديدة باستمرار وعلى ذلك تحدث أحيانا انقسامات قطرية فى الخلايا الناضجة تحفظ هذه الطبقة لفترة ما ، ولكن فى السوق والجذور الخشبية سرعان ما يسحق النمو الثــانوى طبقة الاندودرمس وينمحى كل دليل على سابق وجودها .

القشــــرة

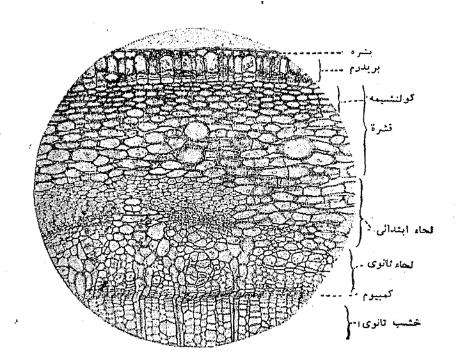
تطلق القشرة على الجزء من المحور الذى يحيط بالأسطوانة المركزية ، وتفصله عنها طبقة الاندودرمس . وتحدها من الخارج الطبقة المكونة من صف واحــد من الخلايا والتى تسمى البشرة . وفى الاستعمال الصحيح يطلق لفظ القشرة فقط على هذه المنطقة المحددة والواضحة من الناحية الشكلية ويقتصر ذلك على الخلايا والأنسجة « الابتدائية » المتكونة داخلها . وفى بعض الأحيان يمكن التميز بين

نوعين من القشرة : القشرة الابتدائية والقشرة الثانوية ويطلق اللفظ الثانى على الأنسجة الثانوية التى تتكون داخل القشرة الابتدائية ومن خلاياها ، وأهمها البريدرم . واستعمال اللفظ الثانى خاطىء لأن بعض الطبقات المماثلة كتلك التى تتكون داخل اللحاء ، تسمى أيضا تسمية غير دقيقة ، قشرة ثانوية ويرجع هذا الاستعمال بطبيعة الحال الى فهم كلمة قشرة فهما خاطئا على أنها الجزء أو الغطاء الخارجى أو من الناحية الوظيفية الطبقة الواقية الخارجية فى حين أن كلمة قشرة يجب أن تقتصر على المنطقة الابتدائية الخارجية المحددة فقط .

وتختلف القشرة ، من حيث الغلظ ، من بضعة صفوف من الخلايا الى عدة طبقات (شكل ٧٧) . وتتكون أساسا من خلايا برنشيمية ولكنها قد تحتوى على عدة أنواع من الخلايا منظمة بطرق مختلفة . فقد تكون الخلايا الكولنشيمية نسبة كبيرة منها ، وعلى الأخص فى الحواف البارزة أو الأركان فى السوق المضلعة حيث تعتبر نسيجا دعاميا مؤقتا . كما قد توجد الألياف والسكلريدات بنسب متفاوتة وكذلك أنواع مختلفة من الخلايا الاختزانية والافرازية ، وتوجد الألياف بصفة شائعة على هيئة صفائح أو أشرطة عريضة وقد توجد هذه الألياف تحت البشرة مباشرة مكونة طبقة وقائية خارجية اضافية ، تسمى « تحت البشرة » . وهذه التسمية الأخيرة تطلق على الطبقة المكونة من خلايا دعامية أو واقية من أى نوع ، وتقع مباشرة تحت البشرة وتقويها بشكل ما . وتحتوى عادة خلايا القشرة البرنشيمية على بلاستيدات خضر . وقد يتكون بالقشرة نسيج تمثيلى محدد للقيـــام خصيصا بهذه المهمة (شكل ١٨١) — وقد تكون خلايا القشرة متضاغطة أو مفككة ولكن بغير نظام محدد عادة . على أنه قد يمكن ملاحظة انتظام الخلايا فى صفوف مماسية كما قد تصطف الخلايا بشكل صفائح قطرية فى أنواع خاصة من الجذور والسوق كجذور النبات المائية . وعلى العموم تكون قشرة الجذور أكثر تجانسا من قشرة السوق وتتركب عادة من برنشيمة فقط (شكل ١٢٧ ب ، ١٣٣) .

وتتكون القشرة بمعناها الدقيق من أنسجة ابتدائية تنضج فى جملتهـــا مع الأنسجة الابتدائية فى العمود الوعائى . ولكن عند تكوين الأنسجة الثانوية داخل العمـــود الوعائى تتداخل مراحل النمو تداخلا كبيرا ، اذ يتم نضج الخـــلايا الكولنشيمية مبكرا فى حين أن الخلايا السكلرنشيمية تصل الى كمال نضجها

فى وقت متأخر عادة . أما الخلايا البرنشيمية فقد تستمر فى الانقسام حتى السنة الثانية فى نباتات خشبية كثيرة . وبذلك يتكون نسيج اضافى ، كلما زاد حجم



(شكل ٧٧)

القشرة فى الساق الخشبية لنبات مانوليا : تتركب القشرة من خلايا كولنشيمية وخلايا برنشيمية وتنتظم الخلايا البرنشيمية فى صفوف مماسية تكونت الى حد ما عن طريق الانقسام القطرى لمسايرة الزيادة فى غلظ الساق . كما توجد أيضا خلايا افرازية ـ أما المجموعة الغليظة من الألياف فتنتمى معظمها أو كلها الى اللحاء الابتدائى . وتقع تحتها المجموعات الأخرى من اللحاء الابتدائى وقد انسحقت الى حد ما . ثم يليها اللحاء الثانوى . كما يظهر الكمبيوم والخشب الثانوى . وتظهر تحت البشرة طبقة بريدرم فى دور التكوين

القشرة بسرعة نتيجة لزيادة المحور فى الغلظ . على أن معظم انقسامات الخلايا البرنشيمية انقسامات قطرية تكون نتيجتها تكوين صفوف أو صفائح مماسية من الخلايا ولا ينتج عن الانقسامات المتأخرة من هذا النوع خلايا مستديرة بل تبدو الخلايا الوالدة المستطيلة وهى تنقسم بجدر قطرية جديدة (شكل ٧٧) . وتتزاحم خلايا القشرة فى حالة زيادة المحور فى الغلظ زيادة كبيرة نتيجة للنمو الثانوى وينتج عن ذلك انسحاق بعض الخلايا فى صفوف قطرية . يحدث هذا فعلا فى حالات كثيرة وبخاصة فى السوق العشبية التى لها أسطوانات خشبية قوية كما فى نبات الكتان ونبات سوليداجو .

وتقوم الأنواع المختلفة من خلايا القشرة بوظائف مختلفة ، ولكن القشرة تعتبر أولا وقبل كل شيء طبقة واقية ، أما وظائفها فى التدعيم والبناء الضوئى والادخار فهى وظائف ثانوية .

البشرة

تكون البشرة طبقة شاملة تغطى السطح الخارجى لجسم النبات بأكمله ، فيما عدا فتحات الثغور والعديسات وتكون بطبيعة الحال غير متميزة فى المناطق المرستيمية ، أما فى السوق والجذور المسنة فقد تختفى البشرة تماما بفعل النمو الثانوى .

وتتكون البشرة فى حالتها النموذجية من طبقة واحدة من الخلايا على أنها قد تتكون من طبقتين أو أكثر فى نباتات قليلة . وقد وصفت البشرة فى بعض النباتات بأنها متعددة الطبقات . ولكن هذا الوصف فى معظم هذه الحالات يعتبر وصفا غير صحيح . ففى بعض الحالات تكون المنطقة الخارجية من القشرة شبيهة بالبشرة من حيث التركيب والوظيفة ولذلك اعتبرت جزءا من البشرة ، وفى حالات أخرى تكون طبقة البريدرم قد بدأت فى الظهور وفى حالات أخرى كذلك تكون البشرة نفسها رقيقة وضعيفة وحولية ، ولذلك تقوم خلايا القشرة الملاصقة لها بمهمتها . وفى حالات أخرى وبخاصة فى النباتات المائية والنباتات ذات البيئة الرطبة تشبه البشرة القشرة الخارجية الى حد كبير . ويستند عادة فى تفسير وجود طبقات متتالية من الخلايا الى أقصى الخارج على أنها بشرة مزدوجة الصفوف أو عديدة الصفوف على أساس فسيولوجى وليس على أساس شكلى (مورفولوجى) . ولذلك فلا بد للوصول الى تفسير سليم لوجود بشرة مكونة من أكثر من طبقة واحدة من الخلايا ، من دراسة طريقة تكوين هذه الطبقة .

ولخلايا البشرة فجوة مركزية كبيرة يحيط بها سيتوبلازم خارجى رقيق . وتوجد بها بلاستيدات عديمة اللون دقيقة ، ولكن لا توجد بها بلاستيدات خضر الا فى الخلايا الحارسة للثغور وفى بشرة النباتات المائية والنباتات ذات البيئة الرطبة والنباتات ذات البيئة الظليلة الثقيلة . وقد يوجد بها مواد مخاطية وتانين وبللورات . وتختلف الخلايا كثيرا فى حجمها وشكلها الخارجى ولكنها

أساسا مغلظة أو جدولية متلاصقة ببعضها البعض الى حد كبير ، وكثيرا ما تكون مفصصة أو مسننة أو متداخلة فى بعضها بطرق مختلفة بحيث تتماسك الخلايا بقوة (شكل ٧٩ و ١٧٠) . والخـلايا فى الأوراق وعلى الأخص فى البتـلات تكون أكثر تعقيدا فى هـذه الناحية من خلايا الأعضاء الأخـرى ، وكثيرا ما تكون جدر خلايا البشرة غير متساوية فى الغلظ بحيث تكون الجدر الخارجية والقطرية أكثر غلظا من الجدر الداخلية (شكل ١٧٩) . ولهذه الزيادة فى الغلظ مع تكوين الجدر الخارجية أهمية عظمى من ناحية الحماية الميكانيكية ومنع فقدان المـاء ولذلك فوجود الأدمة (الفصل الثانى) يضيف كثيرا الى مقدرة البشرة على القيام بالمهمة الأخيرة .

التطور التكوينى للبشرة وبقاؤها :

تظهر الخلايا التى تنشأ منها البشرة مبكرا جدا ، كطبقة سطحية فى المرستيم الطرفى وهذه الطبقة أول طبقة تبدأ فى الظهور فى السوق عادة ، وبحسب نظرية البدن والغلاف ، تتكون البشرة بواسطة انقسامات عمودية على السطح فى الطبقة الخارجية للغلاف بعد ظهورها . وفى الحالات التى لا يتميز فيها بدن وغلاف ، فان البشرة تتكون عن طريق انقسامات عمودية وموازية للسطح فى منطقة منشىء البشرة أو (الدرماتوجن) . أما الزيادة التى تحدث بعد ذلك فى عدد الخلايا فى البشرة ، فتكون نتيجة انقسامات عمودية ، وتظل البشرة مكونة من طبقة واحدة من الخلايا بهذه الطريقة مدى الحياة . وعندما تزداد الساق فى الغلظ أثناء النمو الثانوى قد تسـتمر البشرة فى الانقسـام البطىء لتساير الزيادة فى السطح . ويندر أن تحدث فى البشرة تغيرات أخرى غير تلك التى تطرأ عليها نتيجة تكون طبقات الكمبيوم الفلينى . أما فى الجذور فان خلايا البشرة وخلايا الجزء الخارجى من القشرة تفقد حيويتها وتتلجنن أو تتسوبر بعدما تتوقف الشعيرات الجذرية عن أداء مهمتها . وفى السوق المعمرة تظل خلايا البشرة حية حتى تتكون طبقة البريدرم فتنقطع عنها الماء والغذاء . وفى الأوراق والأزهار ومعظم الثمار تحتفظ خلايا البشرة بحيويتها طالما ظلت هذه الأعضاء حية .

وظيفة البشرة :

تقوم البشرة أساسا كطبقة مغلفة بحماية النبات ضد الفقدان السريع للماء وضـد الأضرار الميكانيكية . كما أنها قد تقوم بصفة ثانوية بعمليتى البنـاء

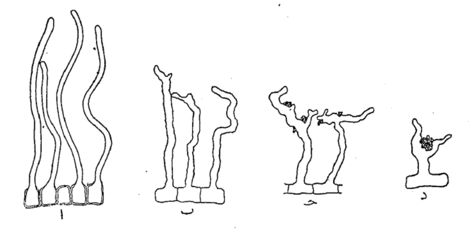
الضوئى والافراز . وبعض أجزاء البشرة تتكيف فى تركيبها لتقوم ببعض الوظائف الهامة كما فى حالة النسيج الافرازى للغدد الرحيقية والثغور فى الأوراق والسوق والشعيرات الماصة فى الجذور .

الشعيرات الجذرية :

تتحول معظم أو كل خلايا البشرة فى الجذور الى شعيرات جذرية . فعند تكوين هذه الشعيرات يتمدد الجدار الخارجى ليكون بروزا طويلا شبيها بالأنبوبة هو فى الشكل والتركيب شعيرة جذرية نموذجية (شكل ٧٨) . وجدر خلايا البشرة بوجه عام وجــدر الشعيرات البــارزة بوجه خاص تكون رقيقة ودقيقة وتكون عادة من السليلوز فتسمح بمرور الماء والمواد الذائبــة بســهولة بحيث يستطيع النبات أن يحصل على ما يحتاج اليه من الماء والأغذية المعدنية خلال الشعيرات الجذرية . هذه الشعيرات تكون عادة وقتية تصمد فقط لبضعة أيام أو بضعة أسابيع ، وبعد ذلك تســقط ثم تتسوبر وتتلجنن بقــاياها مع الخلايا المجاورة . وقد ذكر عن الشعيرات الجذرية فى نباتات معينة من الفصيلة المركبة أن جدرها تكون غليظة وملجننة وتستطيع أن تصمد الى موسم النمو الثانى .

الثغور :

تعرف الثغور بأنها تلك الفتحات الموجودة فى البشرة والتى يحدث خلالهــا تبــادل الغازات بين المســافات البينية فى الخلايا الموجودة تحت البشرة والجو الخارجى . وتعتبر هذه الفتحات فى الواقع مسافات بين كل خليتين متخصصتين من خلايا البشرة تعرف بالخلايا الحارسة . ذلك لأن التغيرات التى تحدث فى حجم وشكل هذه الخلايا تتحكم فى فتح وغلق الثغر (شكل ٧٩) وتختلف هذه الخلايا وحدها عادة عن بقية خلايا البشرة النموذجية وتتميز خلايا أخرى فى غيرها من الحالات تتيجة لوجود الثغر وتسهم هذه الخلايا بطريقة ما فى النشاط الفسيولوجى للخلايا الحارسة وتسمى هــذه الخلايا بالخلايا المســاعدة . ويكاد هــذا النوع من الخلايا يقتصر على النباتات الجفافية (الفصل الرابع عشر) . وتطلق كلمة ثغر — وربما يفضل اطلاقها فعلا — على الفتحة الموجودة فى البشرة بالاضافة الى الخلايا الحارسة والمساعدة المحيطة به . وفى هذه الحالة تعرف الفتحة باسم الفتحة الثغرية .

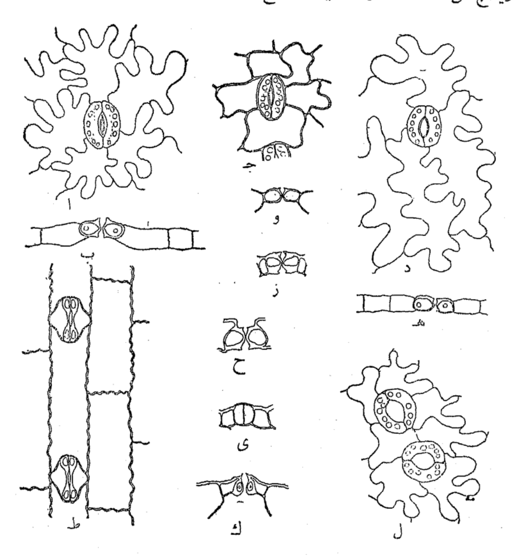


(شكل ٧٨)
الشعيرات الجذرية : (ا) نامية فى الماء أو هواء رطب (ب) نامية فى تربة رطبة . (حـ) ، (د) نامية فى تربة جافة . (حبيبات التربة ملتصقة بالشعيرات الجذرية فى حـ ، د)

تركيب وعمل الخلايا الحارسة :

يتوقف انفتاح وانغلاق الثغر فى جميع أنواع الثغور على التغيرات التى تطرأ على تصلد الخلايا الحارسة . اذ ينفتح الثغر بزيادة تصلد الخلايا وعندما يقل تصلد الخلايا ينقفل الثغر . وتختلف طريقة عمل الخلايا الحارسة فى النباتات المختلفة حسب شكل الخلية الحارسة وتوزيع الغلظ على جدر الخلايا . ففى نوع شائع من الثغور تكون الخلايا الحارسة منتظمة فى غلظها وتكون الخلايا الحارسة نفسها بيضية الشكل فى القطاع العرضى (شكل ٧٩ و) . وبزيادة تصلد أو انتفاخ الخلايا الحارسة تميل هذه الخلايا الى الاستدارة فى القطاع العرضى ، وبذلك تتباعد الجدر الغالقة للثغر . وفى الأنواع الأخرى التى تنفتح بطريقة مماثلة يكون غلظ الجدار غير متساو (شكل ٧٩ هـ) ، وفى هذه الحالات يكون انفتاح الثغر بنفس طريقة تغير شكل الخلية غير المتماثل فى القطاع العرضى مع بعض التعديل . اذ يكون الجدار غليظا الى حد كبير فيما عدا نقطتين أو منطقتين تعرفان « بالمفصلات » . ويكون تجويف الخلية بيضيا فى القطاع العرضى ، وبزيادة التصلد يصبح مستديرا وينجم عن ذلك امتـداد أو انبساط الأجزاء الرقيقـة من الجدار فينفتح الثغر (شكل ٧٩ ب و ز) وتعتبر المفصلات النقطة المتوسطة على جانب الفتحة والجدار المقابل لها كله . وفى نوع شائع آخر تكون جدر الخلية الحارسة عند الفتحة أكثر غلظا من جدر الجانب المقابل (شكل ٧٩ ح) .

وبزيادة الانتفاخ فى الخلايا الحارسة التى من هذا النوع تتمدد الجدر الرقيقة وينتج عن هذا إستدارة الخلية وانفتاح الثغر . وتكون نهايات الخلايا الحارسة



(شكل ٧٩)

الثغور : ا ، ب ـ من نبات البطاطس فى منظر أمامى وقطاع عرضى حـ ـ من نبات من جنس التفاح د ، هـ من نبات الخس و ـ من نبات من جنس مديولا ز ـ من نبات من جنس ابكترم حـ ـ من نبات من جنس بوليجوناتم ط،ى،ك من نبات الذرة ، ك ـ قطاع عرضى فى منتصف الثغر ، ل ـ من نبات الخيار

رقيقة الجدر ومنتفخة فى الحشائش وبعض النباتات الأخرى فى حين تكون الأجزاء المتوسطة المقابلة لفتحة الثغر غليظة الجدر وصلدة (شكل ٧٩ ط ، ى ، ك) وبزيادة الانتفاخ تتسع الأجزاء المتطرفة من الخلايا الحارسة وتضغط على الأخرى بحيث تتباعد الأجزاء الصلدة المتوسطة فينفتح الثغر . كما أن نقص انتفاخ الخلايا

الحارسة ينتج عنه انكماش الأجزاء المتطرفة فتتقارب الأجزاء المتوسطة وينغلق الثغر .

ويعتبر هذا فى الواقع مجرد وصف للتركيب العام للثغر وذلك لوجود أنواع أخرى من الثغور تتميز ببعض التباين فى شكل الخلايا الحارسة وموضع المناطق الغليظة من جدرها كما أن التركيب الدقيق حول الفتحة يختلف كثيرا باختلاف نوع النبات . ولكنه ثابت بالنسبة لبعض المجموعات الكبيرة كما فى النجيليات وكاسيات البذور — وبالرغم من أن البيئة لا تتحكم فى الشكل الأساسى للثغر وكيفية عمله الا أن هناك بعض تحورات ظاهرة فى نباتات الجفاف (الفصل الرابع عشر) ، على أن المعالم التركيبية الأساسية هى نفسها فى جميع أنواع الثغور .

وتختلف الخلايا الحارسة . عن الخلايا الأخرى للبشرة ، فى وفرة مادتها البروتوبلازية ونواتها الكبيرة ، ووجود بلاستيدات وحبيبات نشوية عادة .

وتعتبر الثغور من الناحية الفسيولوجية ذات أهمية عظمى اذ يحدث التبادل الغازى خلال هذه الفتحات بين المسافات البينية والهواء الخارجى ، كما تعتمد وظائف التنفس والنتح والبناء الضوئى اعتمادا كبيرا على هذا التبادل الغازى خلال الثغور .

توزيع الثغور :

توجد الثغور على جميع أجزاء النبات ، فيما عدا الجذر ، وقد تقل الثغور أو تضمر أو تنعدم على الأعضاء الزهرية وفى النباتات المائية ، كما أنها أكثر عددا على الأوراق اذا استثنينا تلك النباتات المختزلة الأوراق والتى يقتصر البناء الضوئى فيها على الساق تقريبا . وقد توجد الثغور فى الأوراق على البشرتين العليا والسفلى معا ولكنها لا توجد على البشرة العليا فى النباتات الخشبية عادة . ويميل عدد الثغور فى وحدة السطح أن يكون أكبر فى النباتات الخشبية عنها فى الأعشاب ، وفى البيئات الجافة والمكشوفة عنها فى البيئات الرطبة والمغطاة . كما يزداد هذا العدد نحو قمة الورقة وحافتها حيث تصغر الخلايا وتبقى نسبة عدد الثغور لعدد خلايا البشرة ثابتة ويزداد عدد الثغور فى وحدة السطح فى بيئات الغابات مع الارتفاع عن سطح الأرض ، ويبدو أن هذا العدد مرتبط برطوبة البيئة ولكنه كما يظهر لا يتأثر كثيرا بالتغير فى كمية الضوء .

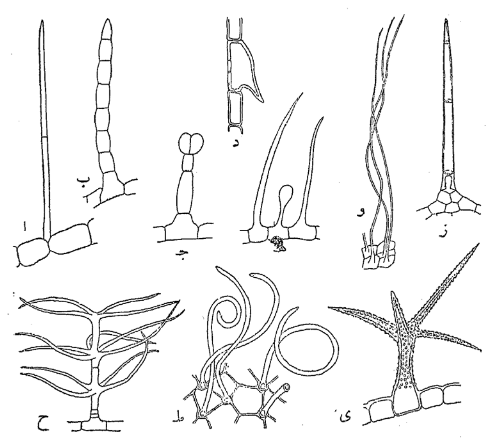
تكوين الثغور :

يحدث أثناء تكوين البشرة أن تتكون خلية والدة حارسة من انقسام حدى خلايا البشرة الحديثة . ثم تنقسم الخلية الوالدة الحارسة بعد ذلك ، لتكون زوجا من الخلايا الحارسة أما الخلايا الاضافية فتنشأ من نفس الخلية الأصلية كالخلية الوالدة الحارسة أو من الخلايا المجاورة .

الشعيرات :

تعرف الزوائد التى تظهر على المحور والأوراق والتى تتكون من خلايا البشرة وحدها ، بالشعيرات أو الزوائد . وتكون هذه الزوائد وحيدة الخلية أو عديدة الخلايا كما أنها توجد على عدة أشكال (شكل ٨٠) وتبدأ من الخلية البشرية العادية حتى تلك الزوائد التى يمتد جدارها بشكل أنبوبة يمكن اعتبارها شعيرة . ويسمى النوع المتوسط من هذه الخلايا الحلمية وهو شائع على البتلات (شكل ١٦٩) ، وعلى أوراق كثيرة . وتتكون الشعيرات « وحيدة الخلية » بطريقتين : اما بامتداد الجدار الخارجى للخلية الوالدة البشرية كما فى الشعيرات الجذرية (شكل ٧٨) ، أو بالانقسام العرضى للخلية الوالدة المتمددة فتكون الخلية الوليدة الخارجية الشعرة ، كما تكون الداخلية خلية قاعدية فى البشرة . وتتخذ الشعيرات وحيدة الخلية عدة أشكال من بينها الأنواع كثيرة التفرع (شكل ٨٠) . كما توجد الشعيرات عديدة الخلايا فى أنواع لا حصر لها ، وتتدرج من الشعيرات البسيطة الخيطية المكونة من بضع خلايا الى التراكيب الكثيرة المعقدة كثيرة التشعب والتى قد تحتل مساحات كبيرة من البشرة . فالشعيرات اللاسعة (شكل ٥٦ ا) والقشور وكثير من الشعيرات الغريبة (شكل ٥٦ ب — هـ) تعتبر تركيبات معقدة عديدة الخلايا . كما تعتبر الشعيرات الجذرية شعيرات نموذجية من الناحية الشكلية . وقد تكون خلايا الشعيرات حية أو ميتة . وتحتوى الخلية فى الحالة الأولى على قليل من السيتوبلازم الا اذا كانت الشعيرة مرتبطة بافراز ما ، وفى هذه الحالة يتوفر السيتوبلازم ويكون غزير التحبب . كما أن غلظ الجدار وتركيبه الكيمائى يختلفان كثيرا . فالشعيرات التى توجد على ثمار الخوخ وتوت العليق (راسبرى) (شكل ٨٠ ذ) وزهور الصفصاف وبراعم العنب

تكون غليظة الجدران جدا . وكثيرا ما تكون جدر الشعيرات مكوتنة أو ملجننة، وتعتبر « ألياف » القطن شعيرات سليلوزية . وللشعيرات عدة وظائف رئيسية وثانوية ، ولكنها تعتبر ذات أهمية عظمى بتكوينها غطاء اضافيا لتقليل النتح .



(شكل ٨٠)

الشعيرات : ا ـ من تويج نبات ابيجيا[١] ب ـ من ورقة نبات كوريوبسيس[٢] حـ ـ من تويج نبات فريما[٣] د ـ من ورقة الشوفان[٤] هـ ـ من كاس نبات الهليوتروب[٥] و ـ من ساق نبات اونوبوردام[٦] ز ـ من ورقة نبات الخيار[٧] ح ـ من ورقة صغيرة لنبات بلاتانس (الشنار)[٨] ط ـ من ثمرة نبات من جنس روباس[٩] ى ـ من ساق نبات او بريشيا[١٠]

---

(١) Epigaea
(٢) Coriopsis
(٣) Phryma
(٤) Avena
(٥) Heliotropium
(٦) Onopordum
(٧) Cucumis
(٨) Planatus
(٩) Rubus
(١٠) Aubrietia

REFERENCES — المراجــع

ARTSCHWAGER, E. F. : Anatomy of the potato plant, with special reference to the ontogeny of the vascular system, *Jour. Agr. Res.*, **14**, 221-252, 1918.

BAILEY, I, W., and W. W. TUPPER : Size variation in tracheary cells : I. A comparison between the secondary xylems of vascular cryptogams, gymnosperms, and angiosperms, *Proc. Amer. Acad. Arts and Sci.*, **54**, 149-204, 1908.

BARKLEY, G. : Differentiation of vascular bundle of *Trichosanthes, anguina, Bot Gaz.*, **83**, 173-184, 1927.

BOND, G. : The occurrence of cell division in the endodermis, *Proc. Roy. Soc. Edinburgh,* **50**, 38-50, 1930.

——: The stem endodermis in the genus *Piper. Trans Roy. Soc. Edinburgh,* **56**, 695-724, 1931.

BOND, T. E. T.: Studies in the vegetative growth and anatomy of the tea plant*(Camellia thea* Link*)* with special reference to the phloem, *Ann. Bot.*, **6**, 607-630, 1942.

BUGNON, P. : Origine, évolution et valeur des concepts de protoxylème et de metaxylème, *Bull. Soc. Linn. de Normandie,* 7 sér., **7**, 123-151, (1924) 1925.

CHANG, C. Y. : Differentiation of protophloem in the angiosperm shoot apex, *New Phyt.*, **34**, 21-29, 1935.

CHEADLE, V. I. : Specialization of vessels within the xylem of each organ in the Monocotyledoneae, *Amer. Jour. Bot.*, **31** 81-92, 1944.

——: and N. B. WHITFORD : Observations on the phloem in the Monocotyledoneae. I. The occurrence and phylogenetic specialization in structure of the sieve tubes in the metaphloem, *Amer. Jour. Bot.*, **28**, 623-627, 1941.

COL, A. : Recherches sur la disposition des faisceaux dans la tige et les feuilles de quelques dicotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 8 sér., **20**, 1-288, 1904.

COPELAND, E. B. : The mechanism of stomata, *Ann. Bot.*, **16**, 327-364, 1902.

CORMACK, R, G. H. : Investigations on the development of root hairs, *New Phyt.*, 34, 30-54, 1935.

——: The effect of environmental factors on the development of root hairs in *Phleum pratense* and *Sporobolus cryptandrus*, *Amer. Jour. Bot.*, **31**, 443-440, 1944.

Crafts, A. S. : Vascular differentiation in the shoot apices of ten coniferous species, *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 382-393, 1943.

Damm, O. : Ueber den Bau, die Entwicklungsgeschichte und die mechanischen Eigenschaften mehrjahriger Epidermen bei den Dicotyledonen, *Beih. Bot. Centralbl.*, **11**, 219-260, 1901.

Dangeard, P. A. : Essai sur l'anatomie comparée a liber interne dans quelques familles de dicotylédones, *Le Botaniste*, **17**, 225-364' 1926.

Dormer, K. J. : Shoot structure in angiosperms with special reference to Leguminosae, *Ann. Bot.*, **9**, 141-143, 1945.

Esau, K. : Ontogeny and structure of the phloem of tobacco, *Hilgardia*, **11**, 343-424, 1938.

——: Development and structure of the phloem tissue, *Bot. Rev.*, **5**, 373-432, 1939.

——: Vascular differentiation in the vegetative shoot of *Linum*. I. The procambium, *Amer. Jour. Bot.*, **29**, 738-747, 1942. II. The first phloem and xylem, *Amer. Jour. Bot.*, **30**, 248-255, 1943 III. The origin of the bast fibers. *Amer. Jour. Bot*, **30**, 579-586, 1942

——: Ontogeny of the vascular bundle in *Zea mays*, *Hilgardia*, **15**, 327-368, 1943.

Origin and development of primary tissues in seed phlants, *Bot. Rev.*, **9**, 125-206, 1943.

——: Vascularization of the vegetative shoots of *Helianthus* and *Sambucus*, *Amer. Jour. Bot.*, **32**, 18-29, 1945.

Flot, L. : Recherches sur la zone périmédullaire de la tige, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **18**, 37-112, 1893.

Franz, H. : Beiträge zur Kenntnis des Dickenwachstums der Membranen, (Untersuchungen an den Haaren von *Humulus Lupulus*), *Flora*, **129**, 287-308, 1935.

Gris, A. : Sur la moelle des plantes ligneuses, *Ann. Sci. Nat Bot.*, 5 sér., **14**, 34-79, 1872.

Grob, A. : Beiträge zur Anatomie der Epidermis der Gramineenblätter, *Bibl. Bot.*, **36**, 1-123 1896.

GUILLAUD, A : Recherches sur l'anatomie comparée et le développement des tissues de la tige dans les monocotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **5**, 1-176, 1877.

GUTTENBERG, H. VON : Die Aufgaben der Endodermis, *Biol. Centralbl.*, **63**, 236-251, 1943.

HÉRAIL, J. : Recherches sur l'anatomie comparée de la tige des dicotylédones, *Ann Sci Nat, Bot.*, 7 sér., **2**, 203-314, 1885.

HIRSCH, W. : Untersuchungen uber die Entwicklung der Haare bei den Pflanzen, *Beitr. Wiss. Bot.*, **4**, 1-36, 1900.

JEFFREY, E. C. : The morphology of the central cylinder in the angiosperms, *Trans. Canad. Inst.*, **6**, 599-636, 1899.

---- : The structure and development of the stem in the pteridophyta and gymnosperms, *Phil. Trans. Roy Soc London*, **195B**, 119-146, 1903.

------: "The Anatomy of Woody Plants," Chicago, 1917.

JONES, W. R. : The development of the vascular structure of *Dianthera americana*, *Bot. Gaz.*, **54**, 1-30. 1912.

KAPLAN, R. : Uber die Bildung der Stele aus dem Urmeristem von Pteridophyten und Spermatophyten, *Planta*, **27**, 224-268, 1937.

KAUFMAN, K : Anatomie und Physiologie der Spaltoffnungsapparate mit verholzten Schiesszellmembranen, *Planta*, **3**, 26-59, 1927.

KERL, H. W. : Beitrag zur Kenntnis der Spaltöffnungsbewgung, *Planta*, **9**, 407-463, 1929.

KROEMER, K. : Wurzelhaut, Hypodermis und Endodermis der Angiospermenwurzel, *Bibl. Bot.*, **59**, 1-151, 1903

KUNDU, B. C. : The anatomy of two Indian fibre plants, *Connabis* and *Corchorus*, with special reference to fibre distribution and development, *Jour. Indian Bot. Soc.*, **21**, 93-128, 1942.

LESTIBOUDOIS, T . : Phyllotaxie anatomique, ou recherches sur les causes organiques des diverses distributions des feuilles. *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 3 sér., **10**, 15-105, 136-189, 1848.

LINSBAUER, K. : Die Epidermis, *In* "Handbuch der Pflanzenanatomie," IV, 1930.

LOUIS, J. : L'ontogénèse du système conducteur dans la pousse feuillée des dicotylées et des gymnospermes, *La Cellule*, **44**, 87-172, 1935.

MEYER, F. J : Bau und Ontogenie der Wasserleitungsbahnen und der

an diese angeschlossenen Siebteile in den vegetativen Achsen der Pteridophyten, Gymnospermen und Angiospermen, *Prog. Rei Bot.,* 5, 521-588, 1917.

MILLER, H. A., and R. H. WETMORE: Studies in the developmental anatomy of *Phlox Drummondii* Hook. II. The apices of the mature plant, *Amer. Jour. Bot.,* **33,** 1-10, 1946.

MOROT, L.: Recherches sur le péricycle ou couche périphérique du cylindre central chez les phanérogames, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 6 sér., **20,** 217-309, 1885.

MYLIUS, G.: Das polyderm. Eine vergleichende Untersuchung uber die physiologischen Scheiden, Polyderm Periderm und Endodermis, *Bibl. Bot.,* **79,** 1-119, 1913.

NETOLITZKE, F.: Die pflanzenhaare, *In* Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie," IV, 1932.

OLIVIER, L.: Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 6 sér., **11,** 5-133, 1881.

PFITZER, E.: Beiträge zur Kenntniss der Hautgewebe der Pflanzen, III. Ueber die mehrschichtige Epidermis und das Hypoderma, *Jahrb. Wiss. Bot.,* **8,** 16-74, 1871.

PLOWMAN, A. B.: The comparative anatomy and phylogeny of the Cyperaceae, *Ann. Bot.,* **20,** 1-33, 1906.

PRIESTLEY, J. H.: The mechanism of root pressure. *New Phyt.,* **19,** 189-200, 1900. **21,** 41-47. 1922.

———: and E. E. NORTH: Physiological studies in plant anatomy, III. The structure of the endodermis in relation to its function, *New Phyt.,* **21,** 113-139, 1922.

SALISBURY, E. J.: On the causes and ecological significance of stomatal frequency with special reference to the woodland flora, *Phil. Trans. Roy. Soc. London,* **216B,** 1-65, 1927.

SCHWARZ, F.: Die Wurzelhaare der Pflanzen, *Untersuch. Bot. Inst. Tubingen,* **1,** 135-188, 1883.

SCHWENDENER, S.: Die Spaltöffnungen der Gramineen, und Cyperaceen, *Sitzungsb. Konig.-Preuss. Akad. Wiss. Berlin,* **1889-1,** 65-79, 1889.

SCOTT, L. I., and J. H. PRIESTLEY: The root as an absorbing organ, I. A reconsideration of the entry of water and salts in the absorbing region, *New Phyt.,* **27,** 125-140, 1928.

Sharman, B. C.: Developmental anatomy of the shoot of *Zea mays* L., *Ann. Bot., N.S.* **6**, 245-282, 1942.

Sinnott. E. W.: The anatomy of the node as an aid in the classification of angiosperms, *Amer. Jour. Bot.,* **1**, 303-322, 1914.

——: and I. W. Bailey: Investigations on the phylogeny of the angiosperms. 3. Nodal anatomy and the morphology of stipules, *Amer. Jour. Bot.,* **1**, 441-453, 1914.

Skutch, A. F.: Origin of endodermis in ferns, *Bot. Gaz.,* **86**, 113-114, 1928.

——: Anatomy of the axis of the banana, *Bot. Gaz.,* **93**, 233-258, 1932.

Snow, L, M.: The development of root hairs. *Bot. Gaz.,* **40**, 12-48, 1905.

Soar, I.: The structure and function of the endodermis in the leaves of the Abietineae, *New Phyt.,* **21**, 269-292, 1922.

Staudermann, W.: Die Haare der Monocotylen, *Bot. Arch.,* **8**, 105-184, 1924.

Sterling. C.: Growth and vascular development in the shoot apex of *Sequoia sempervirens* (Lamb.) Endl., III. Cytological aspects of vascularization, *Amer. Jour. Bot.,* **33**, 35-45 1946.

Strasburger, E.: Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschichte der Spaltöffnungen, *Jahrp. Wiss. Bot.,* **5**, 297-342, 1866.

——: "Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in der Pflanzen. Histologische Beiträge," III, Jena, 1891.

Thompson, W. P.: The anatomy and relationships of the Gnetales, I. The genus Ephedra, *Ann. Bot.,* **26**, 1077-1104, 1912.

Trapp, G.: A study of the foliar endodermis in the Plantaginaceae, *Trans. Roy. Soc, Edinburgh,* **57**, 523-546, 1933.

Van Fleet, D. S.: The development and distribution of the endodermis and associated oxidase system in monocotyledonous plants. *Amer Jour. Bot.,* **29**, 1-15, 1942.

Van Tieghem, P., and H. Douliot: Sur la polystélie, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 7 *sér.,* **3**, 275-322, 1886.

Vesque, J.: Mémoire sur l'anatomie comparée de l'écorce, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 6 *sér.,* **2**, 82-198, 1875.

Wilson, C. L.: Medullary bundle in relation to primary vascular system

in the Chenopodiaceae and Amaranthaceae, *Bot. Gaz.*, **78**, 175-199, 1924.

WISSELUNGH, C. VAN : Beitrag zur Kenntniss der inneren Endodermis, *Planta*, **2**, 27-43, 1926.

ZIEGENSPECK, H. : Ueber die Rolle des Casparyschen Streifens der Endodermis und analoger Bildungen, *Ber. Deut. Bot. Ges.*, **39**, 302-310, 1921.

الفصل السادس

نشأة الجسم الثانوى وتكوينه وعلاقته بالجسم الابتدائى

الكمبيوم

يعتبر الجسم الابتدائى للنبات وحدة تركيبية ووظيفية كاملة ، بدليل أنه فى كثير من الحالات ، يكون النبات بمفرده ، كمعظم ذوات الفلقة الواحدة والتريديات . أما فى عاريات البذور ، ومعظم ذوات الفلقتين ، فان النمو الابتدائى ، يتبعه مباشرة نمو ثانوى ، هو الذى يصبح عادة — من حيث التركيب والوظيفة — أكثر أهمية . وينتج النمو الثانوى من طبقات محددة من البداءات ، فتنتج الأنسجة الوعائية من الكمبيوم ، وتتكون الأنسجة الأخرى من أنسجة انشائية مماثلة . هذه الطبقات النامية ، تمد الجسم باضافات متجددة على الدوام ، من الأنسجة الموصلة والدعامية والوقائية . ويؤدى النمو الابتدائى أساسا الى زيادة طول المحور ، واضافة الزوائد ، أما النمو الثانوى فيسبب زيادة قطر المحور ، (بعد الزيادة المبدئية) ، وهو المسئول فى معظم النباتات عن الجزء الأكبر من جسم النبات البالغ ، وتقع عليه تبعة امداد الجسم الكبير للنباتات الخشبية ، بما يحتاج اليه من تدعيم وحماية وتوصيل . ولا يوجد فى غير السراخس الشجرية ، وعدد قليل من ذوات الفلقة الواحدة ، جسم كبير ذو طبيعة ابتدائية فى جملته . أما معظم ذوات الفلقة الواحدة الضخمة ، ومنها بعض أنواع النخيل ، والأنواع الخشبية من جنس يوكا [1] وغيرها من الزنبقيات ، فتحتوى على نمو ثانوى من نوع خاص .

وتتميز الأنسجة الثانوية الى مجموعتين هما : الأنسجة الوعائية ، التى تتكون من الكمبيوم الحقيقى ، والأنسجة الأخرى ، مثل الفلين ، التى تتكون من أنسجة انشائية ثانوية مماثلة .

---

(١) Yucca

نشاة الكمبيوم من الكمبيوم الأولى : يبنى الهيكل الوعائى الابتدائى — كما ذكرنا فى الفصل السابق — نتيجة بلوغ خلايا أشرطة الكمبيوم الأولى أو أسطواناته ، لتكون خشبا ولحاء . وفى النباتات التى لا يتكون فيها نمو ثانوى ، تتحول كل خلايا أشرطة الكمبيوم الأولى الى أنسجة وعائية ، ثم لا يكون هناك بعد ذلك أية زيادة فى حجم هذا النسيج ، الا بالطرق غير المألوفة للنمو . أما النباتات التى يظهر فيها نمو ثانوى متأخر ، فان جزءا من أشرطة الكمبيوم الأولى يظل انشائيا ويكون الكمبيوم الحقيقى . وعلى ذلك فان الكمبيوم يمثل فى العادة جزءا حقيقيا من المرستيم القمى (شكل ٥٨) ، ويظل هذا الجزء انشائيا ، ويتحول الى طبقة نامية من طراز مختلف .

ولما كان بلوغ خلايا الكمبيوم الأولى يطرد فى العادة تدريجيا نحو وسط شريط الكمبيوم الأولى ، فان خلايا المنطقة الوسطية تكون آخر ما ينضج . وحيثما يتكون كمبيوم ، فان هذه الخلايا الوسطية الأخيرة ، لا تتحول الى خلايا خشب أو لحاء مستديمة بل تحتفظ الى ما لا نهاية بنشاطها الانشائى كخلايا كمبيومية . وفى المراحل المبكرة من تكشف الكمبيوم ، توجد منطقة غير منتظمة ، الى حد ما ، من نسيج انشائى بين منطقتى الخشب واللحاء الابتدائيين . وفى هذا الوقت تكون عناصر الخشب الأول قد نضجت ، وعناصر الخشب الثانى فى طريقها الى النضج وعلى ذلك فان بدء النشاط الكمبيومى ، وتكشف العناصر الأخيرة من الخشب الابتدائى يحدثان فى وقت واحد .

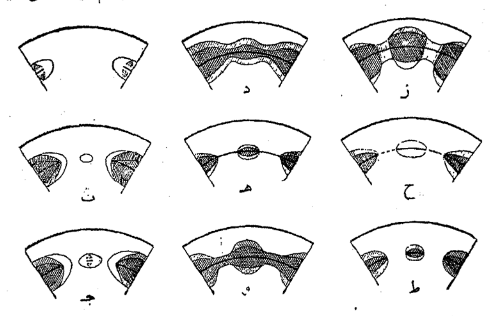
وكما هو مفهوم بوجه عام ، لا يتخذ الكمبيوم صورته التى يوجد عليها ، ريثما يتكون صف مماسى محدود ، من البداءات التى تنقسم مرارا فى المستوى المماسى . وقبل تكون تلك الصحيفة من النسيج مباشرة ، توجد فترة انتقالية يحدث خلالها انقسام خلوى فى مختلف المستويات فى المنطقة الوسطية من الكمبيوم الأولى ، الا أن هذا الانقسام يميل الى الاقتصار على المستوى المماسى فى المراحل المتأخرة من التكشف ، وعندما تبلغ هذه الخلايا المنقسمة فى المستوى المماسى ، تصبح الخلايا المحتفظة بنشاطها المرستيمى ، مرتبة فى صف مماسى محدود ، هو الكمبيوم الحقيقى ، الذى يكون الأنسجة الثانوية . وفى بعض النباتات ، الخشبية والعشبية على السواء ، تؤدى الانقسامات المماسية المبكرة فى

الكمبيوم الأولى ، الى أن تصبح كل الخلايا الوعائيــة الابتدائيــة تقريبــا ، وبخاصة خلايا الخشب الأولى ، منتظمة فى ترتيب قطرى (شكل ٦٢ ب ، ١٤٠ ا). وعليه قد لا يكون ممكنا على أســاس الموضع والترتيب — التمييز بدقة بين الأنسجة الوعائية الابتدائية والثانوية — غير أنه بتغير طريقة التكشف ، يحدث تحول مفاجىء فى طول الخلية ، فتكون العناصر الثانوية أقصر كثيرا من الابتدائية.

ويختلف تكوين الكمبيوم فى الجذور عنه فى السوق ، وذلك نتيجة للترتيب القطرى لأشرطة الخشب واللحاء المتبادلة (الفصل العاشر) . فينشأ الكمبيوم فى الجذور كشرائح من النسيج ، منفصلة داخل أشرطة الكمبيوم الأولى ، الموجودة تحت مجموعات اللحاء الابتدائى (شكل ١٣٠ ا) . وبعد ذلك تمتد شرائح الكمبيوم جانبيا ، حيث تتصل فى منطقة البريسيكل مقابل الخشب الابتدائى . وبالنظر الى المكان الذى ينشأ فيــه الكمبيوم فى الجذور ، لا يكون هــذا النسيج الانشائى — فى المراحل المبكرة من تكشفه — أسطوانة منتظمة ، بل يكون — كما يبدو فى القطاع العرضى — على هيئة شريط من النسيج ، يتقوس الى الخارج حول أطراف مجموعات الخشب الابتدائى ، والى الداخل تحت أشرطة اللحاء . ويكون انتاج الأنسجة الثانوية عادة أسرع ما يمكن تحت مجموعات اللحاء ، ومن ثم فان الكمبيوم — كما يرى فى القطاع العرضى للجذور الأكبر سنا — يتخذ شكل دائرة . وفى بعض الجذور ، يتكون قدر كبير من النسيج الثانوى ، نتيجة نشاط الكمبيوم الموجود الى الداخل من مجموعات اللحاء ، قبل أن يتم الكمبيوم امتداده حــول الخشب ، ومن ثم فان الصــورة المتعرجة المبكرة لأسطوانة الكمبيوم ، لا يكون لها وجود .

الكمبيوم الحزمى وبين الحزمى : ان الكمبيوم الأولى ، الذى ينشأ مبكرا ، من المرستيم الأولى فى السوق ، يكون فى العادة على هيئة أشرطة منفصلة تقريبا . وتتحد هذه الأشرطة فى بعض النباتات جانبيا — كليا أو جزئيا — وذلك بظهور أشرطة اضافية مماثلة ، بين الأشرطة الأولى ، وبالامتداد الجانبى لهذه الأشرطة الأخيرة . وعلى ذلك تتكون أسطوانة متصلة أو متقطعة من الكمبيوم الأولى ، وفى سياق التطور تعطى هذه الأسطوانة من الكمبيوم الأولى أسطوانة من النسيج الوعائى الابتدائى والكمبيوم ، وتكون هذه الأسطوانة الأخيرة بالمثل كاملة أو متقطعة . وقد تتكون فى النهاية أسطوانة من النسيج الوعائى الثانوى ، تنشأ

على هيئة أشرطة كما نشأت الأسطوانة الابتدائية (شكل ٨١ ب — د) . وفى بعض النباتات العشبية ، كجنس الشقيق [١] والجزاع [٢] ، لا يحدث اتصال جانبى بين أشرطة الكمبيوم الأولى — وبالتالى بين الأنسجة الوعائية الابتدائية — بل تظل كأشرطة منفصلة . وفى هذه النباتات يكون الكمبيوم أيضا على هيئة



(شكل ٨١)

رسم تخطيطى يوضح تكوين الأسطوانة الكمبيومية فى السوق . (النسيج الابتدائى مخطط فى اتجاه واحد ، والثانوى مخطط فى اتجاهين) . ا — د ، المراحل المتتابعة فى النوع الذى تتكون فيه أسطوانة ابتدائية كاملة : ا ، الأنسجة الابتدائية الأولى وقد نضجت فى أشرطة الكمبيوم الأولى ، وظهر الكمبيوم فى وسط الحزمة ، ب ، ج ، الحزم وقد ازدادت فى الحجم ، وتكونت فيها الأنسجة الثانوية ، وظهرت حزم صغيرة جديدة بين الحزم الأولى ، د تكوين أسطوانات ابتدائية وثانوية وكمبيومية كاملة باتحاد الحزم . هـ — و ، المراحل المتتابعة فى نوع يحتوى على أسطوانة كمبيومية كاملة ، الا أن الأسطوانة الابتدائية غير كاملة : هـ ، الكمبيوم الحزمى وقد كون أنسجة ثانوية داخل الحزم ، والكمبيوم بين الحزمى وقد ظهر للتو ، و ، الأنسجة الثانوية تكمل الأسطوانة الوعائية . ز ، تماثل هـ — و ، الا أن الكمبيوم بين الحزمى لا يكون غير خلايا برنشيمية أو سكلرنشيمية ، ح تماثل ز ، ولكنها تحتوى على كمبيوم بين حزمى أثرى ، يكون خلايا وعائية قليلة أو لا يكون على الاطلاق ، ط ، أسطوانة ابتدائية من حزم منفصلة ، يحتوى كل منها على كمبيوم وأنسجة ثانوية ، ولا يحدث اتحاد نتيجة للنمو الثانوى .

شرائح طولية ، حيث أنه لا يمتد جانبيا خارج حدود الخشب واللحاء الابتدائيين اللذين نشأ بينهما (شكل ٨١ ط) . وعليه فان تلك الشرائح الكمبيومية ، تكون المرستيم الكمبيومى بأكمله ، غير أنه كثيرا ما يحدث فى السوق العشبية ، أن يمتد الكمبيوم جانبيا ، عبر المسافات البينية ، الى أن تتكون أسطوانة كاملة

---

(١) Ranunculus

(٢) Impatiens

(شكل ٨١ هـ ، و) . وحيثما تحدث هذه الامتدادات ، ينشأ الكمبيوم من خلايا انشائية بين حزمية ناتجة من المرستيم القمى . ويطلق على شرائح الكمبيوم ، التى تنشأ داخل الحزم الجانبية « الكمبيوم الحزمى » ، أما الشرائح التى تتكون بين الحزم فتعرف « بالكمبيوم بين الحزمى » (شكل ١٤٠ ا) . والمصطلح الأخير ، يكون فى بعض الأحيان مقصورا على الشرائح الكمبيومية ، التى توجد بين الحزم الابتدائية ، والتى لا يتكون نتيجة لنشاطها خشب ولحاء ، بل خلايا برنشيمية فقط (شكل ١٣٥ د) ، كما فى جنس كليماتس [١] .

وبين الحالة الموجودة فى بعض النباتات ، حيث تتكون أسطوانة كاملة من الكمبيوم من أسطوانة كاملة من الكمبيوم الأولى ، والحالة التى تكثر فى الأعشاب حيث يوجد الكمبيوم — حتى فى النباتات البالغة — على هيئة شرائح منفصلة ، توجد كل الحالات المتوسطة، التى تعتمد على تكون الكمبيوم بين الحزمى ونشاطه وفى النباتات العشبية التى تحتوى على أسطوانات خشبية ، قد يكون الكمبيوم بين الحزمى ، مماثلا للكمبيوم الحزمى من حيث النشأة والوظيفة ، غير أنه يتأخر فى تكشفه من الكمبيوم الأولى العادى ، الذى قد يعطى بين الحزم قليلا من النسيج الوعائى الابتدائى . ويكون الكمبيوم بين الحزمى أنسجة وعائية ثانوية عادية ، على نفس نمط الكمبيوم الحزمى ، وان كانت الكميات المتكونة ، ليست فى أغلب الأحيان كبيرة (شكل ٨١ و) . وقد يتكون نفس التركيب من كمبيوم بين حزمى ، نشأ من أنسجة برنشيماتية مستديمة تقريبا ، الا أنه فى أكثر الأحيان لا يتكون نسيج وعائى حقيقى ، بل يعطى الكمبيوم خلايا برنشيمية فقط، كما فى جنس كليماتس . وفى مثل هذه الظروف تفصل بين الحزم الوعائية المتفرقة خلايا برنشيمية ثانوية . وتلك على ما يبدو حالة متخصصة ، يكثر وجودها فى الكروم الخشبية وبعض الأنواع العشبية . وهى دون شك حالة مشتقة من حيث نشوئها السلفى من الحالة الخشبية ، وليست — كما يقال كثيرا — مرحلة فى تكوين أسطوانة خشبية بالتحام الحزم الوعائية . وفى بعض السوق العشبية — كسوق أنواع جنس حشيشة المبارك [٢] الغافث [٣] ، على سبيل المثال — يوجد كمبيوم بين حزمى أثرى غير كامل ، لا تنقسم خلاياه المنفصلة غير مرة أو مرتين (شكل ٨١ ح) .

---

(١) Clematis (٢) Geum (٣) Agrimonia

وقت تكوين الكمبيوم فى السوق فى سوق النباتات التى تحتوى على تغلظ ثانوى جيد التكوين ، يبدأ تميز الكمبيوم من الكمبيوم الأولى ، فى منطقة بعينها ، قبل أن تتوقف تلك المنطقة عن الاستطالة مباشرة . وفى هـذا الوقت لا تثبت المشتقات الكمبيومية — بالطبع — على حالها ، بل قد تحدث بعض الانقسامات بحيث أنه عندما تتوقف الاستطالة مباشرة ، تأخذ المشتقات الكمبيومية فى النضج ، فى آن واحد مع الخشب التالى الابتدائى ، هذا على الرغم من أن نسبة كبيرة من الخشب التالى ، تنضج قبل ذلك . وفى معظم النباتات ، يستمر تكوين الكمبيوم فى الأجزاء الجديدة من المحاور ، طالما كانت الزيادة فى طول تلك المحاور مستمرة . وفى النباتات التى تحتوى على مرستيمات بينية ونمو ثانوى — كما فى بعض أنواع النعناع — قد يوجد الكمبيوم فى مرحلة مبكرة من تكوينه ، فى مناطق غير تلك التى توجد بالقرب من أطراف المحور . ويمكن القول ، بوجه عام ، أنه فى النباتات التى تحتوى على نمو ثانوى ، تكون استطالة الساق — حينما تحدث — مصحوبة أو متبوعة مباشرة بتكوين كمبيوم . وفى بعض الأعشاب النجمية ، التى تحوى قليلا من النمو الثانوى ، قد يتأخر النشاط بعض الوقت .

وقت تكوين الكمبيوم فى الجذور : فى أكثر الأحيان ، لا يتكون الكمبيوم فى الجذور ، بعد توقف الاستطالة مباشرة كما هى الحال فى سوق نفس النبات . وقد لا يتكون كمبيوم على الاطلاق ، فى كثير من جذور الامتصاص الصغيرة ، هذا على الرغم من حدوث النمو الثانوى بوفرة ، فى السوق والجذور الأكبر حجما ويبدو أن نقص النمو الثانوى ، مرتبط بوظيفة الجذر كعضو ماص ، اذ حيثما يتكون نمو ثانوى وفير ، يصبح الجذر غير قادر على الامتصاص فى تلك المنطقة ، ويعزى ذلك لتلف الشعيرات الجذرية والاندودرمس والقشرة ، ولتكون البريديرم المباشر عادة . وقد لا تحتوى جذور بعض النباتات العشبية على تغلظ ثانوى ، حتى ولو كان هذا النمو يحدث فى السوق ، وفى بعض الأنواع الخشبية ، لا يوجد فى نسبة كبيرة من الجذيرات الليفية ، غير نمو ابتدائى فقط . ويتكون الكمبيوم بعد توقف الاستطالة مباشرة ، فى المجموع الجذرى الرئيسى ، لكل من النباتات الخشبية والعشبية .

اتساع الكمبيوم : فى النبات الخشبى العادى ، وفى كثير من الأعشاب أيضا ، يكون الكمبيوم طبقة فى الجزء الداخلى بأكمله من الجسم ، وذلك باستثناء القمم

النامية ، حيث لا يكون الكمبيوم قد تم تميزه بعد . ويكون الكمبيوم فى أى جزء من الساق أو الجذر على هيئة أسطوانة مجوفة ، أما كمبيوم النبات كله ، فيكون على هيئة تركيب أنبوبى متفرع . وكثيرا ما يطلق على طبقة الكمبيوم بأكملها اسم « أسطوانة الكمبيوم » . وتوجد فى المسيرات الورقية امتدادات شريطية الشكل من الكمبيوم ، وعند فرجات الأوراق والفروع ، التى تعلو تلك المسيرات ينقطع اتصال الكمبيوم ، عندما يكون المحور حديث التكوين . وفى خلال أسابيع قليلة من بدء النمو الكمبيومى — أو على الأكثر فى خلال أشهر قليلة ، ويتوقف طول الوقت ، على حجم الفرجة وعلى عوامل أخرى — يمتد الكمبيوم عبر الفرجات ، مسببا انغلاقها بالتدريج من الأطراف . ومن ثم تصبح اسطوانة الكمبيوم غير متقطعة الا فى مناطق الجروح .

وفى النباتات التى تحتوى على عمود وعائى مجزأ ، كما فى بعض النباتات العشبية ، لا يزيد اتساع الكمبيوم — كما سبق أن ذكرنا — على عرض الحزم التى يتكون منها العمود الوعائى . ويتركب الكمبيوم فى هذه النباتات من أسطوانة متقطعة من الأشرطة . وتسلك الأشرطة مسالك مختلفة ، على حسب نظام المجموع الوعائى الابتدائى (الفصل الخامس) . وتتفاوت هذه الأشرطة أو الصفائح الكمبيومية فى اتساعها ، بالقدر الذى يتفاوت به عرض الحزم الوعائية ، التى تكون الأشرطة جزءا منها . وفى بعض الأنواع العشبية النجمية ، يكون العرض الكلى للأشرطة عبارة عن جزء صغير من محيط العمود الوعائى ، وقد يمتد الكمبيوم على هيئة أشرطة داخل العنق والحزم الوعائية الكبيرة فى الاوراق .

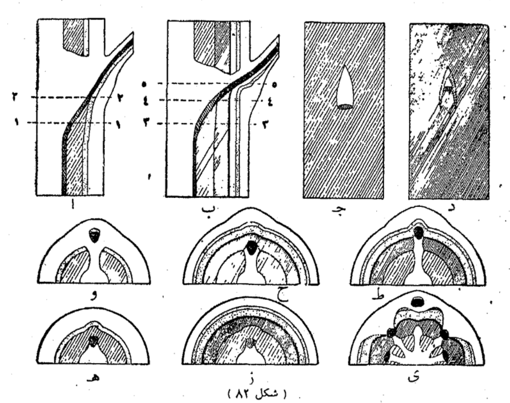
تعمير الكمبيوم : يتفاوت عمر الكمبيوم الوظيفى تفاوتا كبيرا ، فى الانواع المختلفة من النباتات ، وفى الاجزاء المختلفة ايضا من نفس النباتات . ففى النبات الخشبى المعمر يبقى كمبيوم المحور الرئيسى حيا ، من وقت تكوينة حتى موت النبات . وتعزى الى نشاط الكمبيوم المتصل ، فى تكوين خشب ولحاء جديدين ، قدرة تلك النباتات فى المحافظة على بقائها ، وذلك لأن الحياة الوظيفية ، لجزء معين من هذة الانسجة قصيرة نسبيا . وفى الاوراق ، والنورات ، والاعضاء الأخرى المتساقطة ، تكون الحياة الوظيفية للكمبيوم قصيرة ، تبلغ فى كثير من الأوراق أياما قليلة فقط ، وتصل فى الشماريخ الزهرية الى أسابيع قليلة على الأكثر . وفى هذه الحالة تتحول كل الخلايا الكمبيومية الى نسيج وعائى ، ومن ثم يلتصق

الخشب الثانوى مباشرة باللحاء الثانوى ، داخل الحزمة الوعائية . وفى الأفرع الحولية للنباتات المعمرة ، وفى سوق الحوليات بوجه عام ، يكون الكمبيوم من هذا الطراز ، أى يؤدى وظيفته بنشاط لوقت قصير فقط ، ثم تتحول كل خلاياه الى أنسجة وعائية . وفى بعض الأعشاب المتخصصة من ذوات الفلقتين ، التى تحتوى على حزم وعائية صغيرة متفرقة أو أسطوانات وعائية رقيقة ، لا يحدث غير نمو ثانوى قليل . وقد تفتقر بعض تلك النباتات الى النمو الثانوى كلية ، أو يوجد بها قدر قليل منه ، بحيث يصعب تحديد، ما اذا كان قد تكون فى وقت ما كمبيوم حقيقى ، أو لم يتكون على الاطلاق ، اذ أن آخر ما تكون من خلايا الخشب التالى ، قد يكون مرتبا فى صفوف قطرية منتظمة تقريبا ، تلتبس مع الخشب الثـانوى .

تأثير النشاط الكمبيومى فى الجسم الابتدائى : لما كان الكمبيوم ينشأ بين الخشب واللحاء الابتدائيين ، فان جزءا من الجسم الابتدائى ، يحاط بالأنسجة الحديثة التكوين . وينقطع اتصال هذا الجزء الداخلى — النخـاع والخشب الابتدائى — بالأجزاء الخارجية تماما . ويبقى ذلك الجزء داخل سياج الأنسجة الثانوية ، دون أن يتغير ، الا فى الاختفاء النهائى للمحتويات الخلوية ، وفى بعض التغيرات الكيميائية ، التى تصاحب موت خلايا النخاع والبرنشيمة الخشبية . ولا يصبح هيكل الخشب الابتدائى مشوها ، بتقدم الساق فى العمر . وفى كثير من الأعشاب يتلاشى النخاع بالقرب من القمة النامية ، أثناء استطالة المحور ، وتمدد الأنسجة الخارجية السريع ، على حين يكون النخاع متابعا نموه ونضجه ، وليس ذلك نتيجة للنمو الثانوى . والجسم الابتدائى الأصلى الموجود داخل المكان الذى كان يشغله الكمبيوم أولا ، يوجد فى السوق والجذور المسنة بالصورة التركيبية ، التى كان عليها قبل أن يبـدأ النمو الثانوى ، فالهيكل الخشبى ، والنخـاع ، والفرجات والأجزاء الداخلية للمسيرات الورقية التى توجد فى البادرة ، ما تزال موجودة فى قاعدة جذع الشجرة القديم .

أما الأنسجة الابتدائية الموجودة خارج الكمبيوم — وهى اللحاء الابتدائى والبريسيكل ، والاندودرمس ، والقشرة ، والبشرة — فهى ، على النقيض ، تزاح الى الخارج نتيجة لتكون الأنسجة الثانوية . ولما كانت الزيادة فى المحيط ، الذى تنتظم عليه تلك الأنسجة ، تفوق فى سرعتها مدى المواءمة ، التى تسمح به

اللدونة أو النمو الابتدائى البطىء ، الذى قد يكون مستمرا ، حتى ذلك الوقت ، فان هذه الأنسجة فى العادة ، اما أن تتمزق أو تسحق . فاللحاء الابتدائى فى معظم النباتات ينفلطح بسرعة ، وينسحق ، ويبدو كأشرطة غير منتظمة من نسيج مفروغ وكثيرا ما تمتص الخلايا المفـروغة مبكرا ولا يبقى للنسيج أى أثر . وقد يزداد



(شكل ٨٢)

رسم تخطيطى يوضح انطمار قواعد المسيرات الورقية نتيجة للنمو الثانوى . ا ، ب ، قطاعات طولية : ا قبل بدء النمو الثانوى ، ب بعد حدوث قدر كبير من النمو الثانوى ، وقد انغلقت الفرجة جزئيا وازيح اللحاء بعيدا عن قاعدة المسير ، ولم ينطمر غير الخشب فقط . ج ، د ، مناظر سطحية لسطح الاسطوانة الوعائية ، والمسير مقطوع عند مستوى السطح : ج ، توضح المرحلة الموجودة فى ا ، د ، توضح المرحلة الموجودة فى ب ، وفيها الفرجة مغلوقة جزئيا وقاعدة المسير مطمورة . هـ ، و قطاعات عرضية عند المستويات ا ـ ا ، ت ـ ت فى ا ، ز ، ح ، ط ، قطاعات عرضية عند المستويات ج ـ ج ، د ـ د ، هـ ـ هـ فى ب ، ى قطاع عرضى أسـفل العقـدة ، يوضح خـروج خمسـة مسيرات انطمرت قواعدها لدرجات متفاوتة . (الخشب الابتدائى مخطط بخطوط متباعدة ، والثانوى بخطوط متفاوتة . واللحاء الابتدائى منقط تنقيطا دقيقا ، واللحاء الثانوى منقط تنقيطا غير دقيق . وخشب المسير الابتدائى غير متميز النوع ، وامتداده المتجه الى أسفل مخطط فى اتجاهين)

الاندودرمس فى الاتساع بعض الشىء ، الا أنه بالمثل ، يتلاشى بعد بدء النمو الثانوى مباشرة . أما البريسيكل والقشرة فيبقيان عادة بعض الوقت نظرا لتركيبهما الأكثر متانة الى درجة ما ، ولما يحدث فيهما من نمو ابتدائى بطىء ، يواجه مواجهة

جزئية الزيادة فى القطر الناجمة عن النمو الثانوى . غير أنه فى معظم النباتات ، ذوات النمو الثانوى المعمر ، جيد التكوين ، تنسحق هذه الأجزاء الخارجية عاجلا أو آجلا ، أو تتمزق وتموت ، بتعرضها للجفاف ، وغيره من العوامل الضارة ، وبخاصة انقطاع المدد الغذائى ، نتيجة لتكون طبقات الفلين الى الداخل من هذه الأجزاء (الفصل التاسع) . وسرعان ما تنسلخ الأجزاء الميتة ، اما بالانحلال أو الانفصال ، وبعد فترة من الوقت — تتفاوت فى الأنواع المختلفة ، من أسابيع قليلة الى سنين عدة — يختفى الجسم الابتدائى الخارجى . وعليه فان تكوين الأنسجة الثانوية ، من شأنه أن يحفظ الجزء الداخلى متماسكا ، ولكنه مسئول عن تلاشى الجزء الخارجى فى النهاية . وهناك حالات استثنائية لفقد الجزء الخارجى من الجسم الابتدائى بأكمله ، توجد فى عدد قليل من النباتات الخشبية ، حيث تبقى القشرة سنين كثيرة ، نتيجة لقدرة خلاياها البرنشيمية على النمو الابتدائى البطىء وهذا النمو البطىء المستمر طويلا فى الأنسجة الابتدائية ، يوجد فى بشرة بعض الفروع الخشبية ، وفى القشرة والبريسيكل لنفس النباتات ونباتات أخرى مشابهة ، وفى الساق كلها تقريبا فى عدد قليل من النباتات ، كما فى جذوع بعض النخيل التى تفتقر الى نمو ثانوى .

والأنسجة الابتدائية الخارجية ، التى تبقى دون أن تتغير بعد حدوث نمو ثانوى ملحوظ ، هى أوضح ما تكون فى النباتات العشبية . ففى هذه النباتات يكون تداخل النموين ، الابتدائى والثانوى — بالنسبة لوقت تكونهما وموضعهما فى المحور — أكبر منه فى النباتات الخشبية . كما أن الأنسجة الخارجية مهيأة لمواجهة الزيادة فى القطر ، الناجمة عن النمو الثانوى ، مع حدوث تشوبه أقل مما يحدث فى النباتات الخشبية النموذجية . غير أنه فى كثير من الأحيان ، عندما تتقدم الساق فى العمر ، تصبح الخلايا الرخوة فى القشرة والبريسيكل واللحاء مضغوطة بشدة فى الاتجاه القطرى ، وذلك كما فى أجناس الاسطير [1] والكتان والقنب ، وكثير من الأعشاب المماثلة ، التى تحتوى على أسطوانات خشبية غليظة .

علاقة النمو الثانوى بالمسيرات الورقية : ان بروز المسيرات الورقية عند العقد ، من شأنه أن يجعل تركيب الساق معقدا . فمع الزيادة فى غلظ الخشب الثانوى ، تنطمر قواعد المسيرات الورقية (وهى تلك الأجزاء الموجودة داخل

---

(١) Aster

أسطوانة الكمبيوم) ، ولما كان الكمبيوم يوجـد دائما بين الخشب واللحـاء (شكل ٨٢ ا) ، فان تكوين خشب جديد ، يسبب تحرك اللحاء بأكمله ، وكذلك الكمبيوم نفسه الى الخارج ، وليس هذا فى المحور فقط ، بل فى المسير الورقى أيضا (شكل ٨٢ ب) . وبالنسبة الى المكان الذى ينشأ فيه الكمبيوم ، فان النمو الثانوى يطمر أجزاء المسيرات الورقية القريبة من المركز ، أما الجزء الموجود الى الداخل من الخشب الابتدائى ، فلا يحتوى على لحائه وينطمر دون أن يتغير ، وينسلخ اللحاء من المسير الملاصق لذلك الجزء ، ويزاح الى الخارج ، تاركا خشب المسير وحده مطمورا فى الخشب الثانوى للساق (شكل ٨٢ ب) . ويعتمد طول الجزء المطمور اعتمادا كبيرا على الزاوية التى يصنعها المسير عند خروجه .

ولا ينطمر من المسير الموجود خارج المكان الأصلى للكمبيوم ، غير أجزاء صغيرة فقط ، اذ أن النمو الثانوى المستمر ، بدفعه القشرة واللحاء ، اللذين تنطمر فيهما الأجزاء الخارجية ناحية الخارج ، يسبب انفصال المسير الى جزأين ، الجزء البعيد منهما يتمزق ويحمل الى الخارج من الأنسجة التى يرقد فيها . ويعزى التمزق الى الدفع الخارجى ، الذى يبديه النمو الثانوى فى اتجاه جانبى على المسير (شكل ٨٤ ا — د) . ولا يحدث هذا التمزق ، الا بعد مضى بعض الوقت على سقوط الورقة ، وغالبا ما يكون ذلك فى فصل النمو الأول أو الثانى الذى يتلو ذلك . ويطمر الخشب الثانوى الذى يتكون فى السنة الأولى الجزء الداخلى من المسير من غير أن يلحق به أى ضرر ، وفى نفس الوقت ، يزاح اللحاء ببطء ناحية الخارج دون أن يتمزق . ويتوقف الوقت الذى يتمزق فيه المسير — وعناصره ميتة لا تؤدى وظيفتها بعد سقوط الورقة — يتوقف على عدد من العوامل هى : معدل النمو الثانوى ، وحجم المسير وشكله فى القطاع العرضى ، وزاوية خروج المسير بوجه خاص (شكل ٨٤ ب ، هـ ، و) . فكلما اقترب مسلك المسير فى الساق من الزاوية القائمة (شكل ٨٤ هـ) ، طالت الفترة التى تسبق التمزق ، وذلك لأن الأنسجة المحيطية تنسلخ بعيدا ، وينطمر شريط الخشب .

أما حيثما يمر المسير رأسيا الى أعلى خلال القشرة ، فانه سرعان ما يتمزق ، ويعزى ذلك ، لتعرض جزء خارجى طويل من المسير للدفع الخارجى الناتج عن النمو الثانوى (شكل ٨٤ و) . ويتأخر تمزق المسيرات الكبيرة عن المسيرات

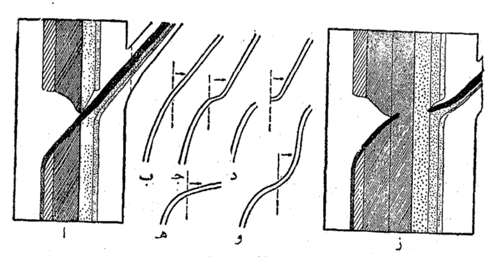
الصغيرة ، كذلك يتأخر تمزق المسيرات الهلالية الشكل أو التى تشبه حـدوة



(شكل ٨٣)

قطاعات عرضية فى مستويات متتابعة فوق منطقة العقدة فى فرع تفاح عمره سنة . ا المسيرات الورقية الجانبية وقد عبرت الى القشرة وانغلقت فرجاتها ، ب ، المسير الوسطى وقد عبر الى القشرة ، تاركا الفرجة مفتوحة ، أما مسيرات الفروع (التى تمد البرعم) الداكنة الاصطباغ ، فناشئة من جوانب الفرجة ، ج ، خرجت المسيرات الورقية الثلاثة تماما فى القشرة ، واتحدت مسيرات الفروع ، وظلت الفرجة واضحة ، د ، المسيرات الورقية داخلة فى قاعدة العنق ، وكونت مسيرات الفروع اسطوانة وعائية كاملة تقريبـا

الحصان فى القطاع العرضى عن المسيرات الشريطية الشكل . وعلى ذلك تنفصل الأجزاء الخارجية والداخلية للمسيرات (شكل ٨٤ ز) ، أما الجزء الخارجى ، فيفقد فى النهاية مع تلاشى القشرة ، على حين يبقى الجزء الداخلى ، محفوظا الى ما لا نهاية بانطماره فى الخشب .

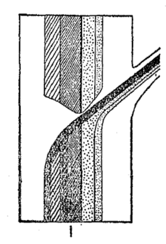


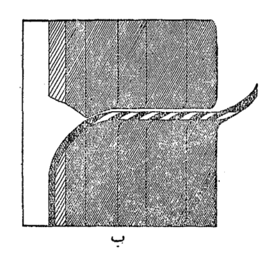
(شكل ٨٤)

رسم تخطيطى يوضح تمزق المسير الورقى فى النباتات متساقطة الاوراق . ا ، قطاع طولى فى عقدة فى نهاية فصل النمو الاول ، وقد انغلقت الفرجة وانطمرت قاعدة المسير فى الخشب الثانوى ب ، جـ ، د مراحل فى حالة المسير (الاجزاء الاخرى محذوفة) فى أثناء فصل النمو الثانى : ب ، المسير دون أن يحدث فيه تغير ، جـ ، المسير وقد تمدد والتوى ، د ، المسير وقد انفصل الى جزاين ، وانتقل الجزء الخارجى الى الخارج ، الخطوط المتقطعة تمثل موضع الكمبيوم . هـ ، نوع المسير الذى يتمزق فى بطء شديد ، النوع الذى يتمزق سريعا ز ، قطاع طولى فى عقدة عند نهاية الفصل الثانى وقد انفصل طرفا المسير بالخشب واللحاء الثانويين (التظليل كما فى شكل ٨٢) .

وفى الأوراق المستديمة الخضرة ، يزداد امتـــداد المسيرات بنوع من النمو الثانوى ، يعمل على زيادتها فى الطول ، باضافة نسيج جديد فى وسطها . ويتمزق الخشب الابتدائى للمسير تدريجيا وفى اتجاه مائل ، وتتكون فى نفس الوقت خلايا جديدة ، لتحل محل التى تلفت ، يضيفها كمبيوم المنطقة الابطية (شكل ٨٥) وطالما استمر بقاء الورقة ، فان الخلايا العليا ، الأكبر سنا من خشب المسير ، تتمزق باستمرار ، وتضاف من أسفل خلايا جديدة . وفى الغالب لا تنغلق الفرجة تماما ، بل تظل مفتوحة حتى يتمزق المسير . وعلى ذلك ، فحيثما تدوم الأوراق طويلا ، كما فى جنس اروكاريا ، فان المسير قد يصبح طويلا جدا ، وظاهرا فى الحلقات السنوية للخشب الثانوى ، لمسافة بعيدة من مركز الشجرة . وبعد أن تموت ورقة دائمة الخضرة ، يتمزق مسيرها تمزقا تاما ، كما هى الحال فى الأوراق المتساقطة . وفى النبـــاتات المتساقطة الأوراق والدائمة الخضرة ، تتغطى عادة النهايات الممزقة للمسيرات الورقية سريعا ، بخلايا كمبيوم مثالية . وفى هذه الحالة سرعان ما يختفى الدليل على موضع المسير فى الخشب الثانوى ، والذى يتكون مؤخرا ، الا أنه فى جنسى الأجات والأروكاريا ، يستمر كمبيوم المسير فى تكوين

خلايا مسبرية الشكل ، بعـد سـقوط الورقة ، ومن ثم تظهر دائما فى الخشب الثانوى — حتى فى جذوع الأشجار المسنة — مسيرات ورقية مطمورة .





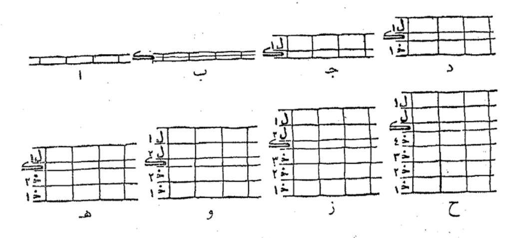
(شكل ٨٥)

رسم تخطيطى يوضح امتداد المسير فى الاوراق الدائمة الاخضرار . ا ، الحالة الموجود عليها المسير عند نهاية الفصل الأول ، ب ، عند نهاية الفصل الخامس (الأجزاء الموجودة خارج الكمبيوم محذوفة) . فى ب ، تبدو الاجزاء الابتدائية من المسير (وهى السوداء المصمتة) مفصولة بجزء وسطى ثانوى (هو المظلل بأسود وأبيض على التعاقب) ، ويتمزق هذا الجزء ، بصورة مماثلة للابتدائى ، غير أن التمزق يكون مستمرا ، ويبنى المسير بميل من جديد بوساطة جزء ابطى من الكمبيوم ، هو عبارة عن امتداد على طول الجانب السفلى للمسير عند نقطة اتصاله بالخشب الثانوى . (التظليل كما فى شكل ٨٢ . لزيادة الايضاح انظر الشرح)

وتنطمر مسيرات الفروع ، بنفس الكيفية التى تنطمر بها مسيرات الأوراق ، غير أنها — بالطبع — لا تتمزق . وسيكون انطمار قواعد الفروع محل دراسة فى آخر هذا الفصل .

علاقة النمو الثانوى بفرجات الأوراق والفروع : تنغلق الفرجات الورقيـة بالامتداد الجانبى التدريجى للكمبيوم ، وتنشأ الخلايا الانشائية الجـديدة ، على ما يبدو من الخلايا البرنشيمية للفرجة . ويحـدد حجم الفرجة وشكلها ، الى درجة ما ، طول الوقت الذى يمضى قبل أن تنغلق الفرجة ، فالفرجات الواسـعة تنغلق بدرجة أبطأ من الفرجات الضيقة الطويلة . وفى معظم كاسيات البذور ، تنغلق الفرجات فى الفصل الأول (شكلا ٨٣ ، ٨٤ ا ، ز) . أما فرجات الفروع ، وهى غالبا كبيرة ، فتنغلق بدرجة أبطأ من فرجات الأوراق ، وقد تبقى بعض فرجات الفروع مفتوحة من سنتين الى أربع سنوات .

وظيفة الكمبيوم : المرستيمات التى تكون الأنسجة الثانوية ، هى فى العـادة عبارة عن صحائف من البداءات ، أحادية الصف ، تعطى خلايا جديدة على كلا الجانبين عادة . والكمبيوم — وهو مرستيم من هذا الطراز — يعطى خشـبا للداخل ولحاء للخارج . فالانقسام المماسى للخلية الكمبيومية ، يؤدى الى تكوين خليتين وليدتين ، متماثلتين ، (شكل ٨٦ ب) : تبقى احداهما خلية مرستيمية ،



(شكل ٨٦)

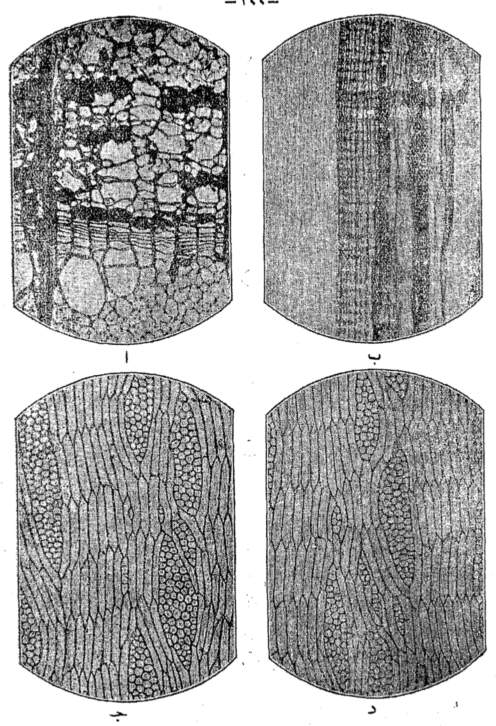
رسم تخطيطى يوضح تكوين الخشب واللحاء بوساطة الكمبيوم كما يوضح التغيرات فى موضع اللحاء والكمبيوم نتيجة لهذا النشاط . ا ، الكمبيوم ، ب خلايا الكمبيوم وقد انقسمت وكونت كل منها خليتين وليدتين ، جـ ، تكبر احدى الخليتين الوليدتين وتنضج كخلية لحاء(ل) ، أما الأخرى فتكبر الى حجم الخلية الكمبيومية وتبقى خلية انشائية (ك) ، ولا يحدث أى تغيير فى موضع الكمبيوم . د ، خلايا الكمبيوم وقد انقسمت ثانية ، ونضجت فى هذه الحالة الخلية الوليدة الداخلية الى خليـة خشب (خ) ، أما الخلية الوليدة الخارجية فتصبح خلية كمبيوم (ك) ، وينقل الكمبيوم واللحاء الى الخارج بمقدار عرض خلية الخشب . هـ — ح حدوث انقسامات أخرى ، تؤدى الى تكوين خلية لحاء ثانية وثلاث خلايا خشب أخرى . (خلايا الخشب واللحاء ممثلة هنا كخلايا بالغة قبل تكوين الخلية التالية ، فى حين أن عددا من الخلايا توجد عادة فى حالة غير بالغة)

هى الخلية الكمبيومية الدائمة ، وتتحول الثانية الى خلية خشب والدة ، أو خلية لحاء والدة (شكل ٨٦ جـ) ، ويتوقف ذلك على ما اذا كانت داخلية ، أو خارجية الموضع بالنسبة للبداءة . وتستمر خلية الكمبيوم فى الانقسام بنفس الطريقة . وفى كل مرة تبقى خلية وليدة كخلية كمبيوم ، وتتحول الأخرى الى خلية خشب أو لحاء والدة . والتتابع فى تكوين الخشب واللحاء فى هذه العملية — ان كان هناك ثمة تتابع منتظم — غير معلوم . ومن المحتمل ألا يكون هناك تتابع محدد ، وقد يتكون — لفترات قصيرة — نوع واحد من النسيج . والدليل على عدم وجود تتابع ، أنه فى كثير من الأحيان — فى النباتات الخشبية والعشبية على

السواء - تفوق خلايا الخشب المتكونة خلايا اللحاء عدة مرات . وبديهى أن الخلايا الكمبيومية المتلاصقة تنقسم فى نفس الوقت تقريبا ، وتنتسب الخلايا الوليدة الى نفس النسيج . وبهذه الطريقة ، يظل الاتصال المماسى للكمبيوم محفوظا .

وفى أثناء تكوين الخشب ، تسبب زيادة الخلايا النامية فى الحجم تحرك الكمبيوم وجميع الخلايا الموجودة خارجه ناحية الخارج . وهذا من شأنه أن يزيد من قطر الأسطوانة الكمبيومية . ويسبب نضج خلايا اللحاء ، تحرك هذه الخلايا وتلك الموجودة الى الخارج منها فقط ، ناحية الخارج ، أما مكان الكمبيوم فلا يتغير بتكون اللحاء . ويؤدى نشاط الكمبيوم ، الى تحركه ناحية الخارج ، فى كل فصل ، بما يعادل غلظ الخشب البالغ المتكون فى ذلك الفصل .

تركيب الكمبيوم : يوجد بوجه عام رأيان بالنسبة للكمبيوم ، كطبقة انشائية الأول يعتبر الكمبيوم متكونا من طبقة ذات صف واحد من خلايا انشائية دائمة ، ومشتقاتها من الخلايا - على الرغم من أنها قد تنقسم مرات قليلة - تتحول مباشرة الى نسيج دائم ، أما الرأى الآخر ، فيعتبر أن هناك صفوفا عديدة من خلايا انشائية تكون منطقة الكمبيوم ، وتعمل بعض هذه الصفوف كطبقات مولدة للخلايا ، ولو على الأقل لوقت قصير . وحيث أن الخلايا تصل الى مرحلة البلوغ باستمرار أثناء فترات النمو على كل من جانبى الكمبيوم ، فانه يصبح من الواضح ، أن طبقة واحدة فقط من الخلايا هى التى يمكن أن يكون لها وجود دائم ، كطبقة كمبيوم . والطبقات الأخرى - ان وجدت - تؤدى وظيفتها مؤقتا فقط ، ثم تتحول - ان عاجلا أو آجلا - الى خلايا مستديمة . والسؤال الذى يتبادر الى الذهن هو ، كم عدد المرات التى تستطيع فيها خلية الخشب أو اللحاء الوالدة ومشتقاتها ، أن تنقسم ، هذا الأمر من الصعب تحديده ، ومن المحتمل ألا يكون ثابتا . ويبدو أن الانقسامات تحدث بدرجة أكثر فى بداءات اللحاء منها فى بداءات الخشب . (الانقسامات العرضية ، كتلك التى تؤدى الى تكوين برنشيمة خشب ولحاء ، ليست محل دراسة هنا) . وقد لا تنقسم خلايا اللحاء والخشب الوالدة ، أو قد تنقسم مرات قليلة . وفى فترة النمو السريع،قد تكون الانقسامات أكثر منها فى أى وقت آخر . ومصطلح «الكمبيوم» حين يستعمل بغير دقة ، للدلالة على كل المنطقة المتميزة بين الخشب واللحاء



(شكل ٨٧)

الكمبيوم . ا ، ب ، أحد أنواع جنس الماس : ا ، قطاع عرضى ، فى حالة كمون ، ب ، قطاع قطرى ، فى حالة كمون ، ويوجد الكمبيوم فى وسط الشكل ، وترى فى منظر سطحى الحقول النقرية الابتدائية الموجودة فى الجدر القطرية لخلايا الكمبيوم واللحاء غير الناضج . (فيما يختص بالقطاع المماسى لنفس النوع من جنس الماس انظر شكل ٨٨ ب) جـ ، د ، أحد أنواع جنس روبنيا . جـ ، قطاع مماسى ، الكمبيوم فى حالة كمون فى وترى الحقول النقرية الابتدائية فى القطاع معطية الجدر القطرية مظهرا سبحيا ، د ، قطاع مماسى ، كما فى جـ ، غير أن النمو مستمر ، والجدر القطرية أرق كثيرا والحقول النقرية غير ظاهرة أو معدومة . × ١٠٠

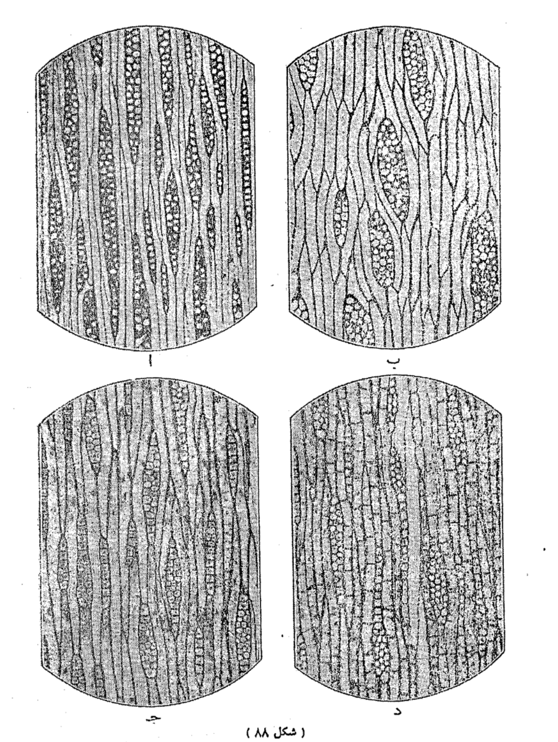
البالغين (شكلا ٨٧ ا ، ٩٠) ، يؤدى غالبا الى الاعتقاد بأن الكمبيوم (فى مفهومه الأدق) عبارة عن طبقة متعددة الصفوف . وعلى الرغم من أن المصطلح استعمل أولا للدلالة على طبقة واسعة من مادة متميزة ، كان يعتقد ، ولو على الأقل جزئيا ، أنها ليست ذات تركيب خلوى ، فان أفضل استعمالاته الآن ، هو للدلالة على الطبقة الانشائية فقط .

التركيب الخلوى للكمبيوم : خلايا الكمبيوم ، بوجه عام ، على نوعين مختلفين اختلافا جوهريا هما : البداءات الشعاعية ، وهى متساوية الأقطار تقريبا ، وتعطى الأشعة الوعائية ، والبداءات المغزلية ، وهى خلايا مستطيلة مستدقة تنقسم لتكون كل خلايا المجموع الرأسى (شكل ٨٧ ، ٩٠) . وتتنوع بداءات الأشعة تنوعا قليلا فى الشكل الخلوى ، وعدد البداءات المختصة بتكوين الشعاع ، قليل أو كثير ، ويتوقف ذلك على حجم الشعاع ، الذى يختلف كثيرا فى الأنواع المختلفة من النباتات ، وفى كثير من الأحيان فى نفس النوع . أما البداءات المغزلية ، فمنتظمة الشكل ، كما ترى فى القطاع العرضى ، الا أنها تتباين تباينا كبيرا ، من حيث نسبة الطول الى العرض المماسى . ففى النباتات الخشبية ، ذات الخلايا الكمبيومية القصيرة نسبيا ، مثل جنس روبينيا[1] (شكل ٨٧ ، د) وجنس الماس[2] (شكل ٨٨ ب) يبلغ الطول خمس الى عشر مرات قدر العرض المماسى . وفى نباتات أخرى ، مثل جنس الكمثرى (شكل ٨٨ ا) ، والجوز[3] (شكل ٨٨ج) وطرز أخرى تكون الأنسجة الوعائية فيها غير متخصصة نسبيا ، تبلغ نسبة الطول الى العرض المماسى خمسة وعشرين (أو أكثر) الى واحد . وتمثل عاريات البذور حالة متطرفة فقد تبلغ النسبة فى أى مكان فيها ، من خمسين الى واحد ، الى مائة (أو أكثر) الى واحد، ويتوقف ذلك على النوع وعلى عوامل أخرى . وفى النباتات العشبية — كقسم من النباتات — يكون الطراز الشائع ، هو ذلك الذى يتكون من بداءات أقل طول . ومن الواضح أن الكمبيوم ذا البداءات القصيرة ، هو أكثر الطرز تخصصا ، وهو الأحدث من حيث تكوينه السلفى .

حجم الخلايا الكمبيومية : تتفاوت عناصر الكمبيوم فى حجومها تفاوتا كبيرا . ففى النباتات الخشبية المتخصصة من ذوات الفلقتين ، كجنس روبينيا ، تبلغ الخلايا

---

(١) Robinia (٢) Ulmus (٣) Juglans



(شكل ٨٨)

الكمبيوم فى القطاع الماسى . ا ، نبات الكمثرى ، ب ، نوع من جنس الماس . فى ا ، ب تكون الجـدر القطرية غليظة والحقول النقرية ظاهرة . جـ د ، نبات الجوز الأرمد . جـ ، د يكونان سوية مجموعة متتابعة ، من يسار جـ الى يمين د ، توضح النشوء التكوينى للحاء . فعلى يسار جـ يوجد كمبيوم مثالى ، وعلى يمين جـ تحدث الانقسامات العرضية التى تؤدى الى تكوين برنشيمة لحاء ، وعلى يسار د توجد خلايا برنشيمية آخذة فى النضوج ، وفى وسط ويمين د نشاهد الأنابيب الغربالية والخلايا البرنشيمية ناضجة تقريبـا . الجميع × ١٠٠

الكمبيومية المستطيلة فى النبات البالغ حوالى ١٧٥ ميكرونا فى الطول ، ٢٠ ميكرونا فى العرض المماسى ، ٧ ميكرونات فى العرض القطرى . وفى جنس « الجوز » و « ليريو دندرون » اللذين يحتويان على بداءات أطول ، يبلغ الحجم ٦٠٠×٢٥×٨ ميكرونا تقريبا . وتحتوى عاريات البذور على الأحجام الكبيرة المتطرفة . ففى نوع من الصنوبر [١] ، على سبيل المثال ، توجد الأبعاد الآتية : ٤٠٠٠ ، ٤٢ ، ١٢ ميكرونا ، وأقصى طول عرف هو ٥٠٠٠ ميكرون ، ويوجد فى جنس اللاركس . وحجوم البداءات الشعاعية متماثلة تقريبا ، وفيها يكون القطر المماسى مماثلا تقريبا ، لنظيره فى البداءات المغزلية الملاصقة ، أو يقل عنه قليلا . وقد اتضح حديثا ، أن طول البداءات المغزلية — على الأقل فى بعض المجموعات النباتية — يزداد بتقدم النبات فى العمر . فمثلا فى عاريات البذور ، قد يزداد الطول من ملليمتر الى ما يقرب من أربعة ملليمترات فى الستين سنة الأولى ، يظل الطول بعدها ثابتا . وفى ذوات الفلقتين ، تكون الزيادة أقل كثيرا ، ففى النباتات الخشبية غير المتخصصة كجنس الجوز ، يزداد الطول من ٠٫٨ الى ١٫٢ ملليمترا ، فى الثلاثين سنة الأولى . وفى الأنواع العالية التخصص ، كجنس روبينيا ، قد تكون الزيادة من حوالى ٠٫١٤٥ الى ٠٫١٧٥ ملليمترا فقط ، وذلك قبل بلوغ النهاية القصوى . ويتفاوت حجم خلايا الكمبيوم الى درجة ما فى النبات الواحد ، ويتوقف ذلك على الموضع بالنسبة للفروع ، أو البراعم ، أو أنسجة الجروح ، وكذلك على العوامل البيئية المختلفة . وفى الزوايا الهلالية يتغير حجم خلايا الكمبيوم ويتشوه شكلها بصورة متطرفة . والتجزع الجعد فى الخشب ، هو نتيجة للشذوذ فى ترتيب خلايا الكمبيوم أو فى شكل الأسطوانة الكمبيومية . كذلك يرتبط التجزع الحلزونى بتركيب الكمبيوم .

وفى بعض النباتات الخشبية ، كجنس روبينيا (شكل ٨٧ جـ ، د) وجنس ديسبورس [٢] تكون خلايا الكمبيوم المغزلية — كما ترى فى القطاع المماسى — فى صفوف عرضية محددة تقريبا . مثل هذا الكمبيوم يطلق عليه « كمبيوم مصفوف » . ويرتبط هذا الترتيب الطبقى ، بالبداءات القصيرة الطول ، وبتكوين الأوعية العالية التخصص . وهو مسئول عن ترتيب طبقى مماثل فى خلايا الخشب واللحاء . وتحتوى بعض الأجناس — كجنس المران والماس (شكل ٨٨ ب)

---

(١) Pinus strobus

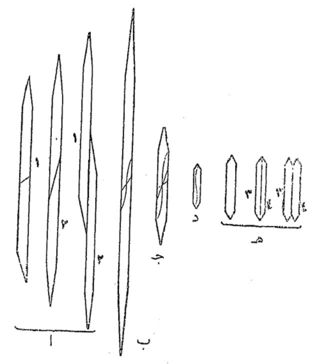
(٢) Diospyros

مثلا — على بداءات كمبيومية قصيرة غير مصفوفة . وتلك على ما يبدو حالة وسط ، بين النوع المصفوف والنوع المتطرف غير المصفوف ، ذى البداءات الضيقة الطويلة ، مثل الذى يوجد فى أجناس الجوز (شكل ٨٨ ج) والصفصاف والحور والكمثرى (شكل ٨٨ ا) . وتحتوى عاريات البذور على كمبيوم من النوع المصفوف . وتوجد فى النباتات العشبية ، ذات النمو الثانوى جيد التكوين كالبطاطس مثلا — بداءات قصيرة غير مصفوفة . والاعتقاد السائد بأن البداءات الكمبيومية ، تشبه الآجر فى الشكل ، مبنى على دراسة القطاعات العرضية والقطرية فقط .

تركيب الخلايا الكمبيومية : بروتوبلاست خلية الكمبيوم فجوى الى درجة كبيرة ، يحتوى عادة على فجوة واحدة كبيرة ، وطبقة محيطية رقيقة من السيتوبلازم وفيما عدا فترات الكمون ، يتحرك السيتوبلازم حركة انسيابية نشيطة . والنواة كبيرة ، وهى فى الخلايا المغزلية أكثر استطالة . وحالة التعدد النووى التى تشاهد بوضوح ، فى القطاعات المماسية للكمبيوم الكامن ، مردها الى أن الجدر المماسية للخلايا المتطرفة فى الضيق ، فى الاتجاه القطرى ، رقيقة جدا أو شفافة ، بحيث أن محتويات عدة خلايا ، قد ترى فى نفس المستوى . ولا تحتوى الجدر المماسية على مناطق رقيقة مطلقا . أما الجدر القطرية لخلايا الكمبيوم فهى — على النقيض أكثر غلظا ، وفى أثناء كمون الكمبيوم ، تظهر فيها مناطق رقيقة ، هى الرقع النقرية الابتدائية (شكلا ٨٧ ب ، ٨٨ ا ، ب) .

الانقسام الخلوى فى الكمبيوم : لا يؤدى انقسام البداءات الكمبيومية الى تكوين خلايا خشب ولحاء جديدة فى الاتجاه القطرى على كلا الجانبين فحسب، بل هو مسئول الى درجة كبيرة أيضا عن الزيادة فى محيط الأسطوانة الكمبيومية ذاتها . يتم تكوين خلايا الخشب واللحاء ، بالانقسام المماسى لخلايا الكمبيوم ، وما يتبع ذلك من انقسام الخلايا الوالدة للخشب واللحاء ، أما الزيادة فى محيط الأسطوانة الكمبيومية فى بعض النباتات من الانقسام القطرى النموذجى لبداءات الكمبيوم (شكل ٨٩ هـ) ، كما ينشأ فى بعضها الآخر من الانقسام العرضى أو الانقسام القطرى المائل ، الذى يتبعه زيادة فى الحجم ، ونمو انزلاقى (شكل ٨٩ ا) ، على أن ذلك قد يتم — لدرجة صغيرة — من الزيادة فى البعد المماسى للبداءات ، كلما تقدم النبات فى العمر . كما أن الزيادة فى عدد الأشعة الوعائية ،

هى أيضا من العوامل المهمة التى تساهم فى زيادة محيط الأسطوانة الكمبيومية .
فتتكون بداءات شعاعية جديدة ، من بداءات مغزلية بالانقسام المستعرض ،

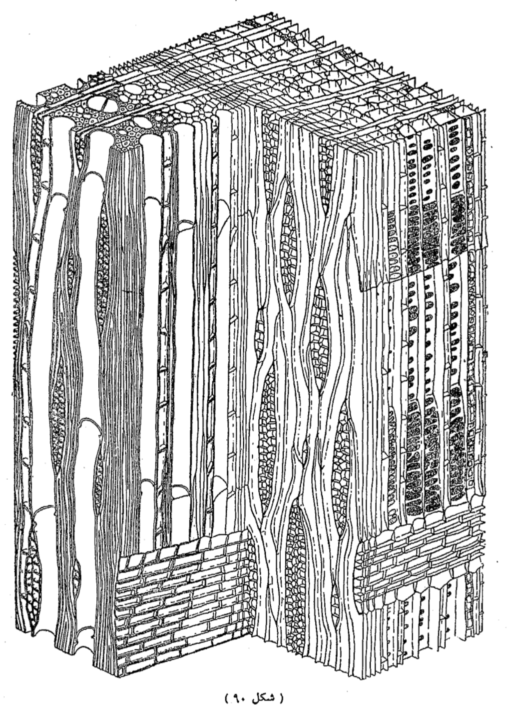


(شكل ٨٩)

رسوم تخطيطية لخلايا الكمبيوم ، فى المنظر المماسى ، توضح طريقة الزيادة فى محيط الكمبيوم . ا ، بداءة مغزلية منقسمة انقساما مستعرضا تقريبا ، هما ناتجا هذا الانقسام اللذان يستطيلان وينزلق أحدهما على الآخر عندما ينضجان (مرحلتين) ، ب ج ، د ، ثلاثة أشكال من البداءات توضح موضع الجدار الجديد فى الانقسام القطرى (بجدر متعامدة) ، ب ، ج ، يوضحان وضعين وثلاثة أوضاع على التوالى ، د ، الوضع الوحيد ، هـ ، بداءة قصيرة ، ، ناتجا الانقسام القطرى للبداءة هـ وهى تكبر مماسيا وليس طوليا . (عن بيلى)

لخلية كمبيومية كاملة ، أو لجزء من الخلية فقط ، فى بعض الأحيان . وتحدث أيضا انقسامات طولية ، عند تكوين شعاع جديد ثنائى الصف أو عديد الصفوف ، وقد تسهم أكثر من بداءة مغزلية فى تكوين الأشعة العريضة بالغة الارتفاع . كل هذه الوسائل مجتمعة تؤدى الى زيادة محيط الكمبيوم . والانقسام القطرى لبداءات الكمبيوم (شكل ٨٩ هـ) هو من خصائص النباتات ، التى تحتوى على خلايا كمبيومية قصيرة مصفوفة ، والتى تكون فيها الأنسجة الوعائية من النوع العالى التخصص ، كما فى بعض نباتات الفصيلة القرنية . أما فى النباتات ذات البداءات الطويلة غير المصفوفة ، فتوجد كل الحالات الانتقالية بالنسبة لموضع الجدار أو الصفيحة الخلوية حديثة التكوين ، من المستوى العرضى الى المستوى

الطولى القطرى (شكل ٨٩ ا ، ب ، جـ) . ومن الواضح أنه فى أثناء التطور نحو التخصص يميل الجدار الخلوى الجديد الى الاقتراب من الوضع القطرى ،



(شكل ٩٠)

الكمبيوم فى نبات التفاح ، ويظهر معه الخشب واللحاء ، فى حالتى تكوين وبلوغ . (منطقة الخشب الذى فى دور البلوغ ممثلة هنا بصورة مقتضبة جدا . محتويات ونقر جميع الخلايا محذوفة) .

كلما قصرت البداءات فى الطول ، واقتربت من الحالة المصفوفة . والانقسام فى الخلايا الكمبيومية الطويلة وخلاياها الوليدة ، يوضح فى صورته المتطرفة كيفية تكوين الجدار الجديد ، الذى يتم ببطء وبتدرج بوساطة الأجسام الكينوبلازمية (شكلا ١٤ و ١٥) ويبدأ من النواة المنقسمة الى طرفى الخلية . وعندما يكون الانقسام مماسيا ، فان الخلايا التى تبقى كبداءات كمبيومية ، تزداد فى الاتجاه القطرى فقط . أما البداءات الكمبيومية الجديدة المتكونة بالانقسامات العرضية أو المائلة ، فتزداد زيادة كبيرة فى الطول (شكل ٨٩ ا ، ب ، ج) ، على حين لا يطرأ على الخلايا المتكونة بالانقسامات القطرية أية زيادة فى طولها (شكل ٨٩هـ).

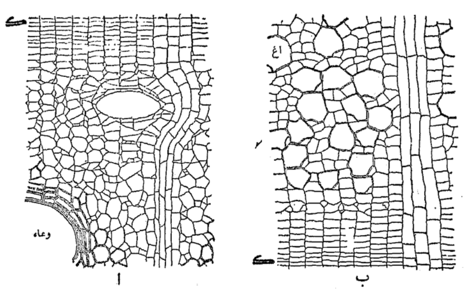
النمو الانزلاقى والانحشارى للخلايا الكمبيومية ومشتقات الكمبيوم: يحدث نمو انزلاقى أو انحشارى شديد الى حجم الخلية الوالدة ، وعندما تتحول مشتقات الكمبيوم الى خشب ولحاء ، وكذلك عند حدوث تنظيم بين مشتقات الكمبيوم ، التى تزداد فى الحجم بصورة غير متساوية . وعندما تنقسم بداءة مغزلية انقساما عرضيا — أو ما يقرب من ذلك (شكل ٨٩ ا) — لتكوين بداءات جديدة ، فان الخلايا الوليدة تكبر الى ما يقرب من ضعف طولها الأصلى وعندئذ تمتد على بعضها وبين البداءات الملاصقة لها . وفى أثناء بلوغ خلايا الخشب واللحاء المستطيلة ، تكون هناك زيادة كبيرة فى الطول — قد تصل الى أربعة أو خمسة أمثال طول البداءة (شكل ٩١) — ومن ثم يحدث اتصال بخلايا جديدة ، الى أعلى والى أسفل ، لمسافة بعيدة . والتغييرات التطورية فى الحجم والشكل فى منطقة الخلايا اللدنة القريبة من الكمبيوم تكون — دون شك — الى درجة ما ، هى تلك الخاصة بالنمو الجماعى ، غير أن عظم الزيادة وسرعتها فى حجم العناصر الوعائية ، من شأنها أن تدفع بالخلايا الصغيرة جانبا وتمزقها اربا ، وهذا يؤدى الى تكوين اتصالات خلوية جديدة ، بين كثير من الخلايا ، وهذه الازاحة الخلوية ، تكون كبيرة بوجه خاص فى الخشب الحلقى المسام ذى الأوعية البسيطة الثقوب ، كما فى جنسى البلوط وروبينيا .

(شكل ٩١)
خلية كمبيوم وألياف خشب مشتقة منهما فى أحد أنواع الجنس روبينيا مرسومة بمقياس (رسم) يتضمن استطالة الليفة النامية تداخل الاطراف بين الخلايا الى أعلى والى أسفل ، انظر أيضا شكل ٩٢ ا

النشوء التكوينى للأنسجة الوعائية الثانوية : قد تتحول الخلايا الوالدة للخشب الناتجة من الكمبيوم الى عناصر خشبية مستدعة . دون أن يحدث فيها انقسام ، أو كما يحدث عادة ، قد تنقسم مرة أو عدة مرات قبل أن تتكون الخلايا البالغة . ففى خشب عاريات البذور البسيط ، تتحول كل المشتقات الخشبية ، الناتجة من الخلايا الكمبيومية المغزلية ، الى قصيبات متماثلة تقريبا ، فيما عدا الاختلافات بين الخشب المبكر والمتأخر . وتتكون القصيبات مباشرة من الخلايا الوالدة للخشب ، وذلك بازديادها فى البعد القطرى وفى الطول ، وتغلظ الجدار ، وفقدان البروتوبلاست . أما فى عاريات البذور ، التى توجد بها برنشيمة خشب ، وكذلك فى كل النباتات التى تحتوى على أوعية ، فان الخلايا الوالدة للخشب تتميز الى طرازين أو أكثر ، من الطرز الخلوية الآتية : قصيبات ، برنشيمة خشب ، أوعية وألياف خشبية . وتتكون خلايا البرنشيمة بالانقسام العرضى للخلية الأم ، الى عدد من الأجزاء (شكل ٩٠) ، الأمر الذى يتبعه زيادة قطرية ، فى حجوم هذه الأجزاء ، وتغلظ فى جدرها . وتحدث الانقسامات العرضية فى صف رأسى من الخلايا الوالدة ، ومن ثم تكون الخلايا البرنشيمية الناتجة صفا رأسيا ، يمتد لمسافة ما فى المحور . وتحتفظ خلايا الصف الرأسى ، الناتجة من خلية والدة واحدة ، بالشكل البروزنشيماتى لتلك الخلية عادة ، لدرجة أنه يمكن بسهولة تمييز الصف الناتج من بداءة منفردة فى النسيج البالغ . ويتضمن الفصل السابع دراسة خاصة بترتيب برنشيمة الخشب وعلاقتها بالخلايا الأخرى . أما نشأة الوعاء التكوينية ، فقد ورد ذكرها فى الفصل الرابع . وتنقسم بداءات الأشعة الوعائية انقساما مماسيا ، وتزداد الخلايا الوليدة زيادة كبيرة فى البعد القطرى ، أما أقطارها الأخرى ، فلا تزداد الا قليلا ، أو لا تحدث فيها زيادة على الاطلاق .

وقت النشاط الكمبيومى : فى السوق والجذور المعمرة للنباتات التى تمر بفترات سبات أو كمون ، يتوقف النشاط الكمبيومى عادة قبل أن تبدأ هذه الفترة . ويبدأ الانقسام مرة ثانية فى خلايا الكمبيوم ، فى نهاية فترة السكون — فى الربيع المبكر ، ابريل ومايو فى شمال شرقى الولايات المتحدة — ويكون ذلك قبل أو فى أثناء أو بعد انبثاق البراعم . وقد يبدأ الانقسام فى الأشجار دائمة الخضرة فى وقت مبكر عن ذلك . ولا يوجد تناسق فى الموضع الذى يبدأ فيه الكمبيوم نموه ، وغالبا ما يكون ذلك فى الجزء الوسطى من الشجرة ، ثم يمتد بعد

ذلك الى كل الأجزاء ، غير أن نمو الكمبيوم ، قد يبدأ أيضا عند قاعدة الشجرة



(شكل ٩٢)

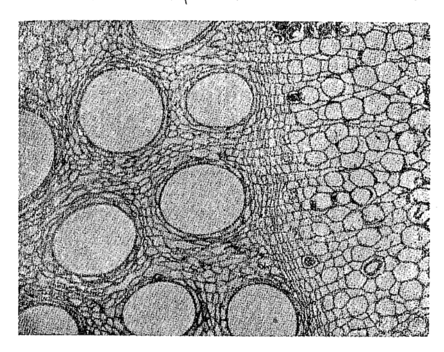
النشوء التكوينى للنسيج الوعائى الثانوى فى جنس روبينيا . ا ، المراحل المبكرة فى تكوين الخشب . ك الكمبيوم . ويوضح الجزء الأوسط (م) من الشكل المنطقة التى تحدث فيها معظم الاستطالة الخلوية كما يتم فيها التناسق المناسب لتكوين الأوعية والذى يقتضى زيادة الخلايا فى الحجم مماسيا وقطريا . وأن أطراف الخلايا لتبرز من أعلى ومن أسفل بين الخلايا المصفوفة فى صفوف قطرية ، وهى بعد تكبر فى الحجم حتى لتزحم الخلايا المنتظمة وتذهب بانتظامها . والتضخم الكبير فى حجم العناصر الوعائية يحدث ضغطا على الخلايا المجاورة حتى يغير من مواضعها الاصلية ويفلطح من أشكالها أو يشوهها ، وكثيرا ما تتحول الأشعة فى اتجاهات متعامدة على اتجاهاتها الأصلية . و ، وعاء قريب من النضج كالخلايا المحيطة به . ب ، شكل يبين مراحل تكوين نسيج اللحاء البالغ . وتظهر الخلايا المرافقة فى مرحلة مبكرة ، ثم تكبر هى والانابيب الغربالية كثيرا بعد ذلك . ك ، الكمبيوم ، ا غ ، انبوبة غربالية

أو عند قمم الفروع . وبالمثل فان شجرتين من نفس النوع ينموان ، جنبا الى جنب ، قد تحتوى احداهما على نشاط كمبيومى على حين ما تزال الأخرى كامنة وفى الأيام الصاحية المشمسة فى آخر الشتاء ، قد يبدأ النشاط الكمبيومى على الجانب الجنوبى الغربى للجذوع المعرضة للضوء ، وذلك نتيجة لامتصاص الحرارة من الشمس بوساطة القلف الداكن اللون . فاذا أعقب الأيام المشمسة انخفاض سريع فى درجة الحرارة ، فان خلايا الكمبيوم النشيطة قد تتعرض للهلاك . ومن ثم ينتج ذلك النوع من الاصابة الشتوية المعروفة « بسمط الشمس »[1]

وأول ما يتضح من الخلايا الوعائية فى الربيع ، هى الخلايا الوالدة للحاء . وهى الخلايا التى تنتج من البداءات الكمبيومية فى أثناء فترة النمو السابقة ،

(١) Sun seald

وبقيت طول الشتاء فى صورة غير ناضجة . ويتم تكوين الأنابيب الغربالية الجديدة،



(شكل ٩٣)
قطاع مرضى فى جزء من منطقة الكمبيوم ، فى حزمة وعائية من جنس القرع ، وفيه يوجد اللحاء على اليمين والخشب على اليسار . وتتضح فيه مراحل تطور كل من النسيجين . الزيادة الكبيرة فى حجم العناصر الوعائية ، أتلفت الترتيب القطرى للخلايا المحيطة ، وغيرت مرضعها ، وشوهت شكلها . × ٩٠
(عن اسو وهويت)

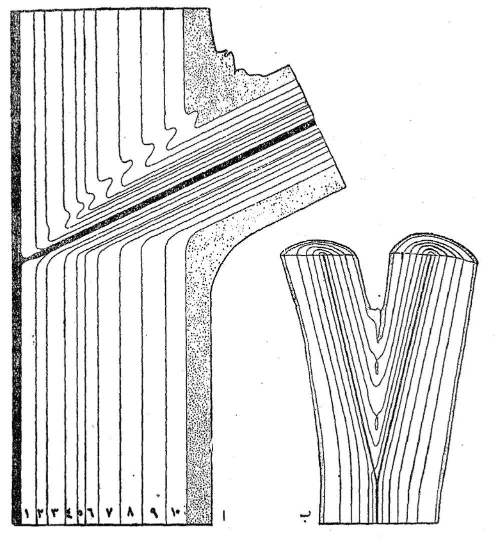
فى الوقت الذى يكون فيه الانتقال فى أقصى نشاطه . ومن المحتمل — كما تدل عليه الأنسجة — فى كثير من النباتات الخشبية أن كل الأنابيب الغربالية التى تؤدى وظيفتها فى فصل ما تكون قد نضجت فى هذا الفصل ، وأن كل الأنابيب الغربالية التى بلغت فى الفصل السابق ، تكون قد توقفت فعلا عن تأدية وظيفتها ، وذلك على الرغم من أنها قد لا تفقد بروتوبلازمها أو تنسحق ، حتى يبدأ النمو السريع فى الربيع . والفترة التى تبلغ فيها سرعة تكون اللحاء أقصى ذروتها ، قد تأتى بعد تميز العناصر الأولى اللحاء بعدة أسابيع . وتتفق هذه الفترة ، بوجه عام ، مع الفترة التى يصل فيها نمو الخشب الى أقصى نشاطه . ويختلف دوام النشاط الموسمى للكمبيوم باختلاف عمر النبات والأجزاء النباتية ، وكذلك باختلاف عمر النبات والأجزاء النباتية ، وكذلك باختلاف نوع النبات والظروف البيئية . وعلى العموم ، يعقب النمو الوافر فى باكورة الصيف ببطء تدريجى فى تكوين خلايا جديدة ، وفى الجذع والفروع الرئيسية لبعض الأنواع ، يتوقف

النمو الكمبيومى فى منتصف الصيف . ويستمر النشاط الكمبيومى لفترة أطول فى الأغصان الصغيرة سريعة النمو أو الفروع التى تستكمل نموها القمى مؤخرا . وقد يستمر النمو فى القطر فى أشجار المشاتل الى وقت متأخر فى الخريف ، وفى تلك الأشجار ، يستمر النمو الطرفى فى العادة الى وقت متأخر أيضا . ويبدو أن وفرة النيتروجين والماء فى التربة ، هما من العوامل الهـامة ، التى تسبب ذلك الاستمرار فى النمو .

انطمار قواعد الفروع : كلما توالى تكوين طبقات سنوية من الخشب بوساطة الكمبيوم ، يزداد انطمار كل الأنسجة الموجودة داخل أسطوانة الكمبيوم أكثر فأكثر . وبذلك تصبح قواعد الفروع مطمورة فى خشب جذع الشجرة . وعندما يكون الفرع حيا ، يتخذ الجزء المطمور شكل المخروط المقلوب ، وذلك لأنه كلما تكونت طبقات جديدة من الخشب فوق الفرع ، تحرك الكمبيوم نتيجة الازدياد فى قطر الجذع (شكل ١٩٤ ا) بعيدا أكثر فأكثر عن نقطة انبثـاق الفرع داخل الجذع . ولا يستطيع جزء الفرع المطمور الزيادة فى القطر بعد ذلك ، ومن ثم فان قطر الأجزاء الداخلية ، يقل بالتدريج ، كلما اقترب موضع اتصالها بالأسطوانة الابتدائية . وعند قمة الكتلة المتكونة المخروطية الشكل ، يوجد نخاع الفرع متصلا بنخاع المحور (شكل ١٩٤ ا) . وعندما يموت فرع ، لا يكون هنـاك — بالطبع — أية زيادة فى القطر ، وتنطمر قاعدته كمخروط من نسيج ميت (شكل ١٩٥ ا) . والعقد التى توجد فى الخشب هى عبارة عن قطاعات فى قواعد الفروع المطمورة ، وهى اما سائبة أو وثيقة الاتصال ببقية الخشب فى اللوح ، ويتوقف ذلك على ما اذا كان الفرع ميتا أو حيا وقت انطماره .

وعندما تطمر قاعدة فرع بتكوين خشب جديد على المحور الرئيسى ، فان اللحاء فى مكان انبثاق الفرع يزاح الى الخارج — بصورة أسرع داخل الزاوية الهلالية منه أسفلها — ومن ثم تتعرى قاعدة الفرع من لحائها . وفى الفـروع الصغيرة ، التى تكون الزيادة فى القطر فيها ضئيلة نسبيا ، اذا قورنت بالزيادة فى المحور الرئيسى — كما فى فرع الثمار القزمية الموجودة على الفروع الكبيرة لأشجار التفاح — تكون هذه التعرية أكثر وضوحا . وفى هذه العملية ينثنى اللحاء فى طيات تظهر فى العادة ، كحلقات مركزية حول قاعدة الفرع المطمور بصورة جزئية . أما فى حالة الفروع الأكبر والنمو الأسرع ، فان اللحاء الأقدم يتمزق

تمزقا آليا ، ويتراكم خارج الزاوية الهلالية ، أما النسيج الأحدث ، الأكثر لدونه ، فينثنى فى طيات غير منتظمة . وينتج عن ذلك تشوه كبير ، فى شكل وترتيب خلايا

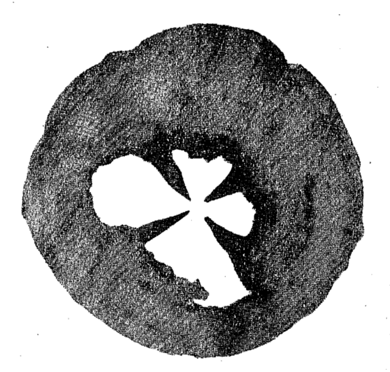


(شكل ٩٤)

رسم تخطيطى يوضح طمر الخشب الثانوى لقواعد الفروع . ويبعد اللحاء عن الجزء المطمور ويدفع فى الزاوية الهلالية ويصبح على هيئة طيات . كذلك يضطرب وضع الكمبيوم . ويظهر النخاع فى الرسم فى لون أسود مصمت ، كما تظهر أنسجة اللحاء والقشرة منقوطة . من ١ الى ١٠ حلقـــات النمو السنوى المتتابعة . ب شكل تخطيطى لجزء هلالى ذى زاوية حادة ، يوضح اتحاد خشب الجذع مع خشب الفرع ، ودفع اللحاء الى الخارج فى الزاوية وما يترتب على ذلك أحيانا من حصر بعض جيوب اللحاء داخل أنسجة الخشب . ووجود هذا اللحاء المحصور وشيوع البرنشيمة فى خشب المنطقة الهلالية ، يجعلان هذه المنطقة ضعيفة

الكمبيوم ، وبعض الخلايا على ما يبدو ، تتراكم فى الخارج ويصيبها الفناء . ويحتمل أن يسد النقص الذى لا مفر من حدوثه فى مساحة الكمبيوم ، فى الزاوية الهلالية ، فى أثناء فصل النمو ، بينما تكون الخلايا المحيطة فى حالة لدنة . وفى هذا

الوقت تحدث ازاحة جانبية لبعض خلايا الكمبيوم خارج الزاوية الهلالية ، على جوانب الهلال ، حيث تساعد على مواجهة الزيادة فى محيط الكمبيوم التى حدثت فى هذه المنطقة .



(شكل ٩٥)

قطاع عرضى فى جذر متعفن لاحد أنواع جنس الصنوبر[1]، يوضح شكل قواعد الفروع المطمورة . وقد تحلل الخشب الداخلى والنخاع ، الا أن قواعد الفروع ، نظرا لامتلائها بالراتنج ومقاومتها ، تظل باقيـة . × ١/٢

وتوجد فى الزاوية الهلالية عادة منطقة متميزة ، حيث تلتقى أنسجة الجذع بأنسجة الفرع . وقد تظل أنسجة التوصيل فى الفرع والجذع متميزة الى درجة ما فى هذه المنطقة ، وقد تتكون بين الاثنين كتلة من البرنشيمة الخشبية غليظة الجدر . وعلى ذلك لا يكون الفرع وثيق الاتصال بالجذع فى الجانب العلوى ، ومن ثم توجد فى كثير من الزوايا الهلالية منطقة ضعف ، قد تسبب انفصال الفــرع ، اذا ما تعرض لضغط (شكل ٩٦) .

وحيثما تكون زاوية الهلال بالغة الضيق والنمو سريعا ، فان القلف الموجود على الجانبين يزاح سـوية ، قبل أن يسبب نمو الكمبيوم فى الزاوية ازاحته الى

(١) Pinus strobus

الخارج ، بعيدا عن منطقة اتحاد الخشب . وحينئذ تنطوى الزاوية على « جيوب » من اللحاء الميت (شكل ٩٤ ب) ، وهذا سبب آخر لضعف الاتحاد عند الهلال .



(شكل ٩٦)

قطاع قطرى فى جزء من جنس ليريودندرون ، يوضح قاعدة فرع مطمورة . نخاعا الفرع والجذع (سوداوان) متحدان عند « الكتف » فى أسفل اليسار ، وخشب الفرع مفصول عن خشب الجذع فى الجانب العلوى بنسيج الزاوية الهلالية الملتوى . الخشب الصميمى والنخاع داكنان ، أما الخشب العصيرى والقلف ففاتحا اللون . × ١/٢

ومن الجدير بالذكر ، أن طبيعة النسيج الهلالى ، والزاوية التى يلتقى عندها الفرع بالجذع ، والحجم النسبى للجذع والفرع ، كلها ذات أهمية عملية عند تقليم أشجار الفواكه .

نمو الكمبيوم عند الجروح : يعد تكوين الكالوس — أو نسيج الجرح — وكذلك التئام الجروح من بين الوظائف الهامة للكمبيوم . فعند حدوث جروح فى الجذور أو السوق ، تتكون سريعا كتل من خلايا برنشيمية رخوة فوق السطح

المجروح أو أسفله ، ويعرف هذا النسيج بالكالوس . وقد يتكون الكالوس بانقسام الخلايا البرنشيمية فى اللحاء والقشرة ، الا أن مصدره هو الكمبيوم فى أكثر الأحيان . وتكوين الكالوس عند التئام الجروح يتضمن فى بادىء الأمر حدوث انقسامات كثيرة فى خلايا الكمبيوم تؤدى الى تكوين كتل من خلايا برنشيمية . والخلايا الخارجية لهذا النسيج اما أن تتسوبر هى نفسها ، أو ينشأ بريديرم (الفصل التاسع) داخلها ، وبذلك يتكون قلف واق ، ينشط الكمبيوم خلفه ، ليكون نسيجا وعائيا جديدا بالطريقة العادية . وفى الجروح الناشئة عن التقليم ، يتكون الكالوس عند الحواف فى باكورة فصل النمو . وعندما تتكون حلقة سنوية جديدة فى الأنسجة غير المصابة التى تحيط بالجرح ، فان طبقة الكمبيوم تتخذ وضعا زاويا ، على سطح الجرح ، عند نقطة تقاطعها معه . وفى هذا المكان يعمل النسيج الجديد المتكون بالطريقة العادية على بسط الطبقة النامية (الكمبيوم) ، فوق السطح المقطوع ، حتى يلتقى جانباها المتقابلان . وعندئذ تلتحم طبقات الكمبيوم ويتغطى الجرح تماما . وتؤدى حلقات النمو بتوالى تكوينها ، الى طمر الجرح عميقا أكثر فأكثر .

الكمبيوم فى الاكثار بالبرعم والتطعيم : تعتمد عمليتا الاكثار بالبرعم والتطعيم فى أساسهما على قدرة الكمبيوم فى كل من الأصل والطعم على تكوين الكالوس ، ثم الاتحاد ، مكونا حول مكان اتحاد الأصل والطعم طبقة متصلة من الكمبيوم ، تعطى نسيجا موصلا عاديا . ويوجد ، على ما يبدو ، اتحاد فعلى بين كمبيومى النباتين . أما حيث لا يكون هناك توافق بين الأصل والطعم ، كما يحدث بين بعض أنواع التفاح وبعض أصوله القزمية ، فان كمبيومى الأصل والطعم ، يعجزان عن الاتحاد ، لتكوين طبقة نامية عادية ، تعطى خشبا ولحاء عاديين ، بل تعطى بدلا من ذلك كتلة من الخلايا البرنشيمية ، من شأنها أن تجعل الاتحاد ضعيفا والتوصيل بطيئا . على أن نشاط الكمبيوم وتركيبه ، بالنسبة لاتحاد الطعم ، ليس مفهوما فهما دقيقا .

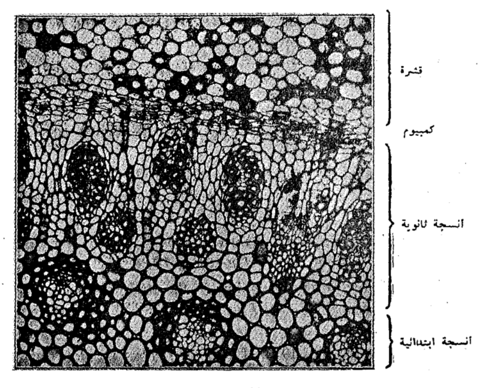
وحيث يتعرض الكمبيوم للاصابة ، فى أثناء فصل النمو — كما يحدث عند تحليق الفروع مثلا — فانه قد يتجدد من خلايا الخشب غير البالغة الموجودة داخله ، وذلك بشرط أن تصان الأنسجة من الجفاف بعد الاصابة مباشرة . وفى تجارب التحليق ، يكون من الصعب فى بعض الأحيان ، الحيلولة دون تكون كمبيوم جديد حتى ولو كشط سطح الجرح بسكين ، وذلك لأن نسيج الكالوس يتكون من خلايا الخشب الحية غير البالغة ، وفى هذا الكالوس يتكون الكمبيوم الجديد . وهـذا النسيج الانشائى ، لا يكون فى بادىء الأمر كمبيوما عاديا ، وذلك بالنسبة لشكل وحجم خلاياه ، غير أنه فى النهاية يصل الى الصورة العادية . للكمبيوم بوساطة الحشرات ، أو المرض ، للقيام بنشاط غير عادى .

الكمبيوم فى ذوات الفلقة الواحدة لا يوجد فى ذوات الفلقة الواحدة — كقسم من النباتات تغلظ ثانوى ، ويتكون جسم النبات من نسيج ابتدائى فقط . على أنه يوجد فى بعض الأجناس آثار لنشاط كمبيومى نموذجى ، وبخاصـة فى الحزم الوعائية للعقد وقواعد الأوراق . ويوجد فى عدد قليل من النباتات نوع خاص من التغلظ الثانوى (بعض نباتات الفصيلة الزنبقية الخشبية وقليل من أعشابهـا — كأجنـاس دراسينا [١] والصبار [٢] ويوكا [٣] وفيراترم [٤] وبعض الأجناس الأخرى) ، حيث تزداد الساق فى القطر ، بتكوين أسطوانة من حزم جديدة مطمورة فى نسيج أقل تخصصا فى طبيعته (شكل ٩٧) . وفى هذه الحالة تتكون طبقة كمبيومية من البرنشيمة المرستيمية للبريسيكل أو للطبقات الداخلية من القشرة . وفى الجذور — على الأقل فى بعض النباتات — يتكون كمبيوم من هذا النوع فى الاندودرمس . وتتباين بداءات هذا الكمبيوم تباينـا كبيرا فى الشكل فى النباتات المختلفة ، ويتراوح شكلها ، بين كثيرة الأضلاع والمثلثة الى المغزلية ، وهى تختلف عادة حتى فى منطقة صغيرة من النبات الواحد . وتوجد فى

---

(١) Dracaena
(٢) Aloë
(٣) Yucca
(٤) Veratrum

صفوف مكونة كمبيوما مصفوفا ، كالكمبيوم العادى فى بعض ذوات الفلقتين .



(شكل ٩٧)

نوع خاص من النمو الكمبيومى فى ذوات الفلقة الواحدة الخشبية ، ساق أحد أنواع جنس دراسينا[١]

وسيرد فى الفصل الحادى عشر دراسة تكوين الأعمدة الوعائية ، ذات التركيب الشاذ ، نتيجة نشاط الكمبيوم .

---

(١) Dracaena fragrans

REFERENCES – المراجع

(See also References for Chaps. III, IV, V, VII. and VIII)

ARTSCHWAGER, E. F.: Anatomy of the potato plant, with special reference to the ontogeny of the vascular system, *Jour. Agr. Res.*, **14**, 221-252, 1918.

BAILEY, I. W.; The cambium and its derivative tissues, II. Size variations of cambial initials in gymnosperms and angiosperms, *Amer. Jour. Bot.*, **7**, 355-367, 1920.

——: The cambium and its derivative tissues, III. A reconnaissance of cytological phenomena in the cambium, *Amer. Jour. Bot.*, **7**, 417-434, 1920.

——: The cambium and its derivative tissues, IV. The increase in girth of the cambium, *Amer. Jour. Bot.*, **10**, 499-509, 1923,

——: The significance of the cambium in the study of certain physio logical problems, *Jour. Gen. Physiol.*, **2**, 519-533, 1920.

BROWN, H. P.: Growth studies in forest trees, I. *Pinus rigida* Mill., *Bot. Gaz.*, **54**, 386-403, 1912. II. *Pinus Strobus* L., *Bot. Gaz.*, **59**, 197-241. 1915.

CHEADLE, V. I.: Secondary growth by means of a thickening ring in certain monocotyledons, *Bot. Gaz.*, **98**, 535-554, 1937.

ESAU, K.: Vessel development in celery, *Hilgardia*, **10**, 479-488, 1936-

——: and W. B. HEWITI: Structure of end walls in differentiating vessels, *Hilgardia*, **13**, 229-244, 1940.

HILL. A. W.: The histology of the sieve tubes of angiosperms, *Ann. Bot.*, **22**, 245-290, 1908.

JACOB DE COURDEMOY, H.: "Recherches sur les monocotylédones à accroissement sécondaire," 108 p., Lille, 1894.

KLINKEN, J.: Uper das gleitende Wachstum der Initialen im Kambium der Koniferen und den Markstrahlverlauf in ihrer sekundären Rinde, *Bibl, Bot.*, **84**, 1-41, 1914.

KNUDSON, L.: Observations on the inception, season, and duration of cambium development in the American larch [*Larix laricina* (Du Roi) Koch], *Bull. Torr. Bot. Club*, **40**, 271-293, 1913.

KOSTYTSCHEW, S.: Der Bau und das Dickenwachstum der Dikotylenstäme, *Beih. Bot. Centralbl.*, **40**, 295-350, 1924.

MacDaniels, L. H.: The apple-tree crotch. Histological studies and practical considerations, *Cornell Univ. Agr. Exp. Sta. Bull.*, 419, 1923.

——: The histology of the phloem in certain woody angiosperms, *Amer. Jour. Bot.*, **5**, 347-378, 1918.

Mischke, K.: Beobachtungen über das Dickenwachsthum der Coniferen, *Bot. Centralbl.*, **44**, 39-43, 65-71, 97-102, 137-142, 169-175. 1890.

Nageli, C.: "Dickenwachsthum des Stengels und Anordnung der Gefässstränge bei den Sapindaceen, " München, 1864.

Neeff, F.: Uber die Umlagerung der Kambiumzellen beim Dickenwachstum der Dikotylen, *Zeitschr. Bot.*, **12**, 225-252, 1920.

Schmidt, E. W.: "Bau und Funktion der Siebröhre der Angiospermen," 108 p., Jena, 1917.

Schoute, J. C.: Über Zellteilungsvorgänge im Cambium, *Verhandel. Akad. Wetenschappen Amsterdam,* 2s. **9**, 1-60, 1902.

Scott, D. H., and G. Brebner; On the secondary tissues in certain monocotyledons, *Ann. Bot.*, **7**, 21-62, 1894.

Tison, A.: Les traces foliaires des conifères dans leur rapport avec l'épaississement de la tige, *Mém. Soc. Linn. de Normandie,* **21**, 59-82, 1903.

——: Sur la mode d'accroissement de la tige en face des faisceaux foliaires après la chute des feuilles chez les dicotylédones, *Mém. Soc. Linn de Normandie,* **21**, 1-17, 1902.

الفصل السابع

الخشب الثانوى

يكون الخشب الثانوى عادة ، الجزء الأكبر من النسيج الوعائى فى النبات ، بل انه يكون فى كثير من النباتات الخشبية الجزء الأكبر من النبات كله . ولهذا النسيج فى تلك النباتات أهمية بالغة ، اذ من وظائفه أن يرفع جسم النبات الضخم ويحفظه قائما فى الهواء ، وبذلك تتعرض أجزاؤه المختلفة لظروف مناسبة من الضوء والهواء . أى أن للخشب وظيفة ميكانيكية هى دعم الجسم النبـاتى وتثبيته فى الأرض ، ووظيفة فسيولوجية هى توصيل الماء ، مع ما قد تمتصه الجذور من المواد غير العضوية ، الى سائر أجزاء النبات . ويضاف الى ذلك أن خلايا الخشب الحية تتسع لتخزين كميات كبيرة من الغذاء . على أن جزءا كبيرا من خشب كثير من الأشجار ، هو الخشب الصميمى ، لا يقوم من هذه الوظائف الا بالدعم الميكانيكى وللخشب الثانوى الذى يكون جذوع الأشجار أهمية اقتصادية عظيمة ، اذ هو مصدر الخشب الخام ، الذى يستعمل فى أغراض مختلفة .

تركيب الخشب الثانوى

يتكون الخشب الثانوى من كتلة متماسكة من الخلايا غليظة الجدران تنتظم فى جهازين [1] أحدهما طولى قائم والثانى عرضى أفقى . ويتكون الجهاز الطولى من خلايا مستطيلة ومتراكبة ومتماسكة هى القصيبات والألياف والعناصر الوعائية مع صفوف طولية من الخلايا البرنشيمية . والمحور الطولى لهذه الخلايا جميعا ، مواز للمحور الطولى للعضو الذى تدخل فى تركيبه . وقد سبق وصف أنواع الخلايا ، التى تدخل فى بناء هذا الجهاز ، عند الكلام عن نسيج الخشب فى الفصل الرابع ، وخلايا الخشب الثـانوى عادة شبيهة بخلايا الخشب الأولى فى النوع النباتى الواحد ، على أن خلايا الخشب الثانوى قد تكون أقصر من خلايا الخشب الأولى ، وربما اختلفت عنها فى الهيئة وفى التركيب ، ومثال ذلك اختلافها فى تثقب

(١) التمييز بين هذين الجهازين من باب التيسير فى الوصف ، فهى لا تكون انسجة مستقلة ، والاساس فى تمييزها هو تركيب الخلايا واتجاه التوصيل فيها .

العناصر الوعائيـة . ولا يتضمن الخشب الثـانوى الأوعية والقصيبات الحلقية والحلزونية . أما الجهاز الاشعاعى الأفقى ، فيتكون فى الغالب من خلايا برنشيمية، تتخذ محاورها وضعا قائما على المحور الطولى للاسطوانة الوسطى . هذه الخلايا الممتدة أفقيا هى أشعة الخشب ، وهى غير موجودة فى الخشب الأولى .

اشـعة الخشب :

أشعة الخشب عبارة عن صفائح من النسيج ، على هيئة أشرطة تمتد فى الخشب فى اتجاهات أفقية قطرية (أشكال ٩٨ ، ٩٩) . وهى جزء من نسيج جهاز التوصيل الذى يمتد كشريط متصل عبر الكمبيوم حتى اللحاء الثانوى . وقد سميت هذه الأشرطة من الخلايا بالأشـعة النخاعية ، ذلك لأنهـا تبدو فى وضعها وطبيعتها البرنشيمية ، كانها امتدادات اشعاعية من النخاع . ويرجع استعمال هذا المصطلح الى افتراض المقابلة بين هذه التراكيب والامتدادات النخاعية ، التى توجد فى السوق العشبية ، مثل نباتات جنس الشقيق واضرابه (شكل ١٣٥) . ولكن استعمال مصطلح الأشعة النخاعية ، ليدل على هذه الأشرطة الممتدة فى الخشب واللحاء استعمال واضح الخطأ ، ذلك لأن القليل النادر من هذه الأشعة يصل الى النخاع ، كما انها لا تشبه من الناحية المورفولوجيه ، تلك الأذرع التى تمتد فى اتجاهات قطرية من نخاع سوق الأعشاب من أنواع جنس الشقائق والتى يمكن أن تسمى بالأشعة النخاعية . واستعمال المصطلحات أشعة الخشب وأشعة اللحاء ، لتدل على الأشعة المحصورة فى أنسجة الخشب واللحاء انما هو استعمال شائع ومناسب جدا . تتخذ هذه الأشعة الوعائية اتجاها عموديا على اتجاه نمو الساق أو الجذر ، وهى على الدوام متصلة عبر الكمبيوم وممتدة فى اللحاء . وهى فى العادة مستقيمة الا أن يزحمها النمو غير المتسـاوى فى الأنسجة المحيطة بها . وتنشأ خلايا الأشـعة الوعائية جميعا من الكمبيوم ، فاذا بدأ تكونها ، استمر الكمبيوم فى بنائها واتصل امتدادها الطولى دون حد . وما تزال تنشأ خلايا الأشعة فى المناطق القريبة الى الوسط ، بينما تتباعد الأجزاء الأسبق فى النشأة عما يتكون بينها من الخلايا الجديدة فى منطقة الكمبيوم ، التى تتوسط شريط الأشعة الممتد فى الخشب واللحاء . ويعتمد طول الشـعاع الواحد على طول ما انقضى من الزمن منذ بدأت نشأته وعلى سرعة نمو الأنسجة الثانوية . ويصاحب

(١) الشـقائق Ranunculus

ابتداء النمو الثانوى عدد من وحدات الأشعة الوعائية ، ما تزال اجزاؤها الطرفية تتباعد ، كلما اتسع محيط الأسطوانة الوعائية نتيجة لاضطراد النمو الثانوى . وسرعان ما يصبح عرض شريحة الخشب واللحاء الواقعة بين شعاعين ضخما ، حتى لتصبح الخلايا التى تتوسط الشريحة بعيدة عن خلايا الأشعة . عندئذ نشأت أشعة جديدة على مسافات متقاربة حتى تصبح جميع خلايا اللحاء والخشب غير بعيدة عن الأشعة . ويتيح انتشار الأشعة وتوزيعها الصلة بين القصيبات وأمثالها من الخلايا المستطيلة وبعض خلايا الأشعة (أشكال ٩٨ جـ ، ٩٩ جـ) ويبدو ذلك واضحا على وجه الخصوص ، فى أخشاب عاريات البذور ، حيث لا توجد خلايا برنشيمة الخشب وحيث تكون كل قصيبة على صلة مباشرة بشعاع واحد على الأقل . أما أوعية كاسيات البذور ، فقد تتصل على طول امتدادها بعدد من وحدات الأشعة الوعائية فى السوق العشبية مثل أنواع الشقائق حيث تفرق الحزم الوعائية مجموعات من النسيج البرنشيمى ، هى ما يمكن أن تسمى بالأشعة النخاعية ، كما لا توجد الأشعة فى سوق بعض المتسلقات كياسمين البر[1] حيث تفرق الحزم الوعائية أشرطة من البرنشيمة الثانوية .

والحزم الوعائية فى مثل هذه النباتات صغيرة ، أى أن خلايا التوصيل تكون غير بعيدة عن تلك الأشرطة البرنشيمية الممتدة فى اتجاهات قطرية . ولا شك أن عدم وجود الأشعة الوعائية فى هذه النباتات تنتج عن انقراضها أثناء مراحل التخصص التطورى . على أن من الواضح أن لهذا الاتصال أو التقارب فى الموضع بين الخلايا الحية (خلايا الأشعة وبرنشيمة الخشب) وخلايا التوصيل (القصيبات والأوعية) أهمية بالغة فى القدرة الوظيفية للخلايا غير الحية .

الحلقات السنوية او حلقات النمو

يتكون الخشب الثانوى فى الأجزاء النباتية المعمرة ، من طبقات متتابعة (شكل ٣) ، تمثل كل منها زيادة موسمية واحدة . فاذا نظرنا الى القطاع العرضى بدت هذه الطبقات كحلقات متتابعة ولذلك تسمى الطبقة الواحدة حلقة سنوية أو حلقة نمو أو طبقة نمو . والشائع أن تسمى حلقات سنوية لأن كل طبقة تمثل نمو سنة واحدة فى النباتات الخشبية التى تنمو فى المناطق المعتدلة أو فى المناطق

(١) ياسمين البر Clematis

الحارة تتتابع مواسم النشاط والسكون . ولعل أفضل المصطلحات للاستعمال العام هو حلقة نمو،ذلك لأن بعض ظروف النمو قد لاتتيح حلقة واحدة فى السنةالواحدة والحلقة السنوية أو حلقة النمو هى طبقة من الخشب الثانوى تكونت فى النبات كله فى موسم نمو واحد ، ولذلك فهى تركيب له شكل المحور النباتى ، وهيئة الأنبوبة المفتوحة عند أطرافها حيث توجد المرستيمات ، ويتباين عرض حلقة النمو اذ يعتمد على سرعة نمو الشجرة،ويتأثر النمو طبقا لعوامل عديدة،وتتكون الحلقاتالعريضة فى الأشجار الصبية وفى ظروف النمو الملائم . ففى مواسم النمو غير الملائمة ، تتكون حلقات ضيقة ، وفى المواسم الملائمة تتكون حلقات عريضة ، كما قد تسبب بعض العوارض الضارة كسقوط الأوراق فى غضون موسم النمو تكوين حلقات ضيقة ويرجع التغير المفاجىء فى عرض الحلقات المتتابعة الى التغير المفاجىء فى طرف نمو الشجرة ، اذ تترك الأحداث الهـامة أثرها على ثخانة حلقات النمو ، مثال ذلك التقليم الشديد وتغير أحـوال الصرف والتسميد وذهاب الظل بقطع الأشجار المجاورة . أى أن حلقات النمو تحمل بيانا حقيقيا لبعض الأحداث فى تاريخ الشجرة .

وتتباين حلقات النمو فى الأجزاء المختلفة من النبات ، وفى الأجزاء المختلفة فى المحيط فى مستوى معين ، وثخانة الحلقة منتظمة فى العادة فى أجزاء الجذع عديم الفروع . ولكن ثخانتها زائدة تحت مخارج الفروع ، وفى بعض أنواع التفرعات ، وفوق الجذور . وحول الجروح وغيرها من التراكيب الشاذة وغيره . ويرجع ذلك الى زيادة موضعية فى حصيلة الماء أو الغذاء . وفى بعض الأشجار ذات الفروع الكبيرة التى تخرج من الأجزاء الدنيا من جذع الشجرة (مثل شجرة التفاح) ، يتكون الجذع من فقرات متميزة ، تتكون كل منهـا من نسيج وعائى يصـل الى الفرع الذى يعلوه . فاذا وجد عدد من هذه الفروع الكبيرة فى مستوى واحد فان ما دونها من أجزاء الجذع قد يصبح مقسما ــ على نحو غير واضح ــ الى أقسام قطرية (كأنها الفصوص) يصل كل منها الى واحد من هذه الفروع . ولذلك فقد لا يصل الى ما فوق ذلك من أجزاء الجذع ما يكفى من الماء والغذاء ومن البديهى أن تلك الأقسام غير منفصلة ، بل هى متصلة فى جوانبهـا ولكن التجارب دلت على أن التوصيل يتركز فى الأجزاء القـائمة من الجذع ، أى أن الجذور التى تقع فى جانب من جوانب الشجرة الكبيرة ، تغذى الفروع التى فى

ناحيتها ، والتوصيل الجانبى ضعيف وبطىء فى جذوع الأشجار ، وذلك لأن التيار فيها جذور أو فروع أو حيث تقسم الجروح الاتصال المباشر ، وتتفلطح الجذور
فيها جذور أو فروع أو حيث تقسم الجروح الاتصـــال المبـــاشر ، وتتفلطح الحور
عند قاعدتها على نحو ما يشاهد فى اشجار الغرغار وكثير غيرها وخاصة اشجار المناطق الحاره ، يرجع الى تغلظ موضـــعى بالغ تتنجة لنشـــاط الكمبيوم فوق مواضع الجذور .

وتميز حلقات النمو النبـــاتات الخشـــبيه ، التى تنمو فى المناطق ذات المناخ المعتدل وهى ضعيفة التكوين أو غير موجودة ، فى أشجار المناطق الحارة ، الا فى الأحوال التى تتميز فيها المواسم المناخية كان تتضمن السنة موسما جافا وموسما مطيرا . أما النباتات الحولية والسوق العشبية للنباتات المعمرة فلا تتضمن غير طبقة نمو واحدة .

الخشب الباكر والخشب المتأخر :

يرجع وجود حلقات النمو الى التغير الموسمى فى ظروف النمو . فالأنسجة التى تتكون فى الشطر الأول من موسم النمو (الخشب الباكر) تختلف فى حجم خلاياها وأنواعها وترتيبها وفى نسبة الأنواع المختلفة من الخلايا ، عن الأنسجة التى تتكون فيما بعد ذلك (الخشب المتأخر) وغالبا ما يسمى الخشب البـــاكر خشب الربيع ، ويسمى الخشب المتأخر خشب الصيف ، ولكنها تسمية لا يمكن تعميمها لأن جزئى حلقة النمو قد لا ينطبق عليهما هذا التوزيع الموسمى حتى فى بعض نباتات المناطق المعتدلة . على أن الأمد قد طال باستعمال مصطلحات الحلقة السنوية والخشب الربيعى والخشب الصيفى ، لأنها تصلح فى أغلب أحـــوال لنباتات المناطق المعتدلة ، وسيظل استعمالها ولا شك بحكم العادة . أما مصطلحات الخشب الصيفى والخشب الخريفى لتقابل الخشب الباكر والخشب المتأخر فقد توقف استعمالها ، ذلك لأن الخشب الخريفى لا يتكون فى أغلب الأشجار،والشائع أن يبدأ تكون الخشب فى فصل الربيع . اذن فالحلقة السنوية تتكون من جزئين : طبقة داخلية هى الخشب الباكر ، وطبقة خارجية هى الخشب المتأخر ، ولا يوجد خط يفصل الجزئين لأنهما متصلان . ولكن الخط واضح بين الخشب المتـــاخر

---

(١) الغرغار Ulmus-(elm)

لسنة ما والخشب الباكر فى السنة التالية ، وهو الخط الذى يميز الحلقة السنوية ويحددها .

الحلقات السنوية الكاذبة

تتكون الحلقات السنوية الكاذبة عادة نتيجة لأحداث يتوقف بها النمو الطبيعى للخشب ثم لا يلبث أن يستأنف فى فسحة الموسم نفسه . مثال ذلك تساقط الأوراق والتعرض لموجات الجفاف وغير ذلك من الاضطرابات فى النمو ينتج عنها تكوين أنسجة تشبه الخشب المتأخر فى غير موعدها . وشبيه بذلك ما يشاهد فى بعض الأشجار ذات النشاط الموسمى كالبلوط . ان البراعم الساكنة وخاصة البراعم الطرفية قد تبدأ نموها فى أواخر الصيف وينشأ عن ذلك حلقة نمو كاذبة . ويمكن التعرف على الحلقات الكاذبة بأن الحدود الخارجية للنمو المتأخر غير واضحة . والحلقة السنوية التى تتضمن عدة حلقات كاذبة تسمى حلقة سنوية ثنائية أو ثلاثية ... الخ .

الخشب خلقى المسام ومنتشر المسام

تتضح معالم الحلقات السنوية باقتصار وجود الأوعية على الخشب الباكر ، أو بتميزه بالأوعية الواسعة على نحو ما يوجد فى البلوط (شكل ١٠١ ا) والكتلبة[1] والغرغار (الشكل الأول فى الكتاب) ، أو أن تكون الأوعية فيه أوسع وأكثر مما توجد فى الخشب المتأخر . وفى الأحوال التى يتضح فيها الخشب الباكر ، ويتميز عن الخشب المتأخر ، يسمى الخشب حلقى المسام ، مثال ذلك خشب المران[2] والبلوط (شكل ١٠١ أ) أما اذا كانت الأوعية موزعة بانتظام على مناطق الحلقة جميعا دون تمييز على نحو ما يشاهد فى خشب التامول[3] والاسفندان[5] والحور[4] (شكل ١٠٠ أ) أو اذا تدرج توزيع الأوعية حجما أو عددا من الخشب المتأخر ، مثلما يشاهد فى خشب الجوز[6] والتفاح (شكل ١٠٢ أ) فيسمى الخشب منتشر المسام ولا يوجد حد فاصل بين هذين النوعين وكثير من الأخشاب تمثل نوعا وسطا بينهما .

---

(١) كتلبه Catalpa
(٢) مران Fraxinus
(٣) تامول Betula
(٤) اسفندان Acer
(٥) حور Populus
(٦) جوز Juglans

الصفات التشريحية العامة للخشب الثانوى

أنواع الخلايا ونظام ترتيبها فى الخشب الثانوى :

يتضمن كل من النظامين الطولى الرأسى والأفقى الاشعاعى خلايا حية وأخرى غير حية . وتتباين نسبة هذه الى تلك تباينا عظيما فى الأنواع النباتيـة المختلفة بل وفى الفصول المختلفة للنمو وفى الأعضاء المختلفة للنبات الواحد . الجهـاز الأفقى الاشعاعى — وهو أشعة الخشب التى تكلمنا عنها يتكون جميعه فى أغلب النباتات من خلايا حية . أما الجهاز الرأسى فيحوى نسبة قليلة من الخلايا الحية . هذا القليل هو خلايا برنشيمة الخشب التى تنتظم فى صفوف طولية من الخلايا متصلة الأطراف والتى تمتد صاعدة فى الخشب بدون حد (أشكال ٩٩ جـ ، ١٠١ ب) أما خلايا التوصيل والدعم بأنواعها المختلفة فتوجد بنسب متباينة وترتيب متباين . والشائع أن يشتمل الخشب الواحد على عدد قليل من أنواع الخلايا ، ولكن خشب بعض الأنواع النباتيـة يشـتمل على أنواع كثيرة من الخلايا . فخشب جنس التنوب [١] على سبيل المثال يتكون (عدا الأشعة) من القصيبات وحدها وفى بعض أنواعه يتكون الخشب من القصيبات وبرنشيمة الخشب . وفى خشب جنس البسيا [٢] توجد القصيبات والقصيبات الليفية وفى بعض أنواعه توجد البرنشيمة أيضا . وفى خشب جنس اللارقس [٣] توجـد القصيبات والقصيبات الليفيـة والبرنشيمة . وفى خشب شجرة الزنبق [٤] توجد الأوعيـة والقصيبات الليفية والبرنشيمة . وفى خشب الاسفندان توجد الأوعية والألياف وبرنشيمة الخشب . وفى خشب بعض أنواع البلوط توجد القصيبات والقصيبات الليفية والألياف العادية والألياف المستدقة والألياف الجلاتينية والأوعية وبرنشيمة الخشب .

وتنتظم الخلايا المختلفة على طرز مختلفة . على أن الترتيب الاشعاعى للخلايا (الذى يشاهد فى القطاع العرضى) ، يرجع الى طبيعة نشأتها الثانوية من خلايا الكمبيوم . وربما كان توزيع الأنواع المختلفة من الخلايا منتظما فى نسيج الخشب (أشكال ١٠٠ ا : ١٠٣ ا) ، أو أن يكون لها ترتيب معين كالصفوف أو الكتل ذات الأنواع المختلفة الشكل فى صدر الكتاب . ومن نظم الترتيب الشائعة وجود الخلايا فى صفوف مماسية ، مثل ذلك ترتيب خلايا برنشيمة الخشب فى خشب

---

(١) تنوب Abies
(٢) لاركس Larix
(٣) بيسيا Picea
(٤) شجرة الزنبق Liriodendron

البكان [١] وديسبورس [٢] (شكل ١٠٣ أ) وتوجد الأوعية فى كتل على نحو ما يشاهد فى التامول والغرغار وشجرة الجراد[٣] .

ترتيب برنشيمة الخشب :

يكون ترتيب برنشيمة الخشب على ثلاثة أحوال : وهى صفات ثابتة فى الجنس الواحد وربما كانت ثابتة فيما هو أوسع من ذلك من أقسام المجموعات النباتية . ولا توجد برنشيمة الخشب فى بعض أنواع عاريات البذور . أما فى اللارقس وشبه التوبة [٤] وبعض أنواع كاسيات البذور مثل المانوليا[٥] والصفصاف[٦] فلا توجد برنشيمة الخشب الا فى آخر ما يتكون من خلايا الحلقة السنوية أى أنها تتكون على سطح الخشب المتأخر وتسمى برنشيمة الخشب الختامية (شكل ١٠٤ أ) وفى نباتات أخرى توجد البرنشيمة فى ذلك الوضع الذى ذكرنا مضافا الى ذلك مجموعات متفرقة من البرنشيمة متناثرة فى الحلقة السنوية ويكون بعضها بين القصيبات والقصيبات الليفية تسمى هذه الحالة : برنشيمة الخشب المنتشرة أو المجاورة للقصيبات (شكل ١٠٤ ب) ومن أمثلة الأخشاب ذات البرنشيمة المنتشرة خشب التفاح (شكل ١٠٢ أ) والبلوط (شكل ١٠١ أ) وديسبورس (شكل١٠٣أ) أما فى خشب الاسفندان والمران والكتلبة فالبرنشيمة على حواف الحلقات السنوية وحول الأوعية أى على صلة مباشرة بها ، أو على صلة بخلايا برنشيمة أخرى ذات صلة مباشرة بالأوعية ولا توجد مستقلة بين القصيبات والألياف . وتسمى هذه برنشيمة مجاورة للأوعية (شكل ١٠٤ جـ) .

تركيب خشب عاريات البذور :

تتميز المجموعات النباتية الرئيسية بتركيب الخشب الثانوى ، فخشب عاريات البذور بسيط متناسق التركيب يتضمن أنواعا قليلة من الخلايا حتى ليكون بناؤه فى بعض الأحيان من القصيبات الخالصة عدا خلايا أشعة الخشب ، مثال ذلك

---

(١) بكان Carya
(٢) ديسبورس Diosperos sp.
(٣) شجرة الجراد Robinia
(٤) شبه التوبة Pseudotsuga
(٥) مانوليا Magnolia
(٦) صفصاف Salix

خشب التنوب والاجاث [١] فى مثل هذا الخشب لا يكاد يختلف الخشب الباكر عن الخشب المتأخر . أما فى أجناس أخرى مثل اللارقس والسكويا [٢] (شكل ٩٩ أ)وأنواع الصنوبر الصلبة فالخشب المتأخر يختلف اختلافا بينا عن الخشب الباكر . وتقع بعض الأجناس فى مرتبة وسط . وفى كل الأجناس تختلف الخلايا غير الحية (القصيبات الليفية أو الألياف ، فى الخشب المتأخر ، عن القصيبات العادية ، فى غلظ الجدران ، وضيق الفراغ الخلوى ، وحجم النقر واعدادها . والألياف نادرة فى عاريات البذور . أما برنشيمة الخشب التى تسمى أحيانا خلايا الراتنج فى عاريات البذور ، فلا توجد فى عدد من الأجناس مثل الاروكاريه [٣] والزرنب [٤] والبسيا والصنوبر الا حول قنوات الراتنج وهى نادرة فى أجناس أخرى مثل اللارقس وتسوجا [٥] حيث تكون البرنشيمة الختامية . والشائع أن تكون برنشيمة الخشب منتشرة فيما بين خلايا الخشب الاخرى على نحو ما يشاهد فى العرعر [٦] والتوية [٧] والسكويا والفشاغ [٨] . وتوجد الأوعية فى خشب فصيلة العلد [٩] على أن خشب كاسيات البذور بسيط التركيب كما ذكرنا .

تركيب خشب كاسيات البذور :

يتميز خشب كاسيات البذور بوجود الأوعية . وهو على العموم أكثر تعقيدا فى تركيبه من خشب عاريات البذور ، اذ يتضـــمن عددا من أنواع الخلايا ، مثل الأوعية والقصيبات والقصيبات الليفية والألياف ذات الأنواع المختلفة ، وخلايا برنشيمة الخشب . وقد توجد فى نسيج الخشب الواحد جميع هذه الأنواع أو قد توجد بعضها ، أضف الى ذلك التباين فى شكل الأشعة وترتيب الأنواع المختلفة من الخلايا والعلاقات فيما بينها . والأوعية شائعة فى أغلب الأجناس بل أن الأوعية قد تكون الجزء الأعظم من نســـيج الخشب مثال ذلك الزيزفون والحور (شـــكل ١٠٠) وكثير من المتسلقات والأعشاب . أما الأعشاب التى ينتظم فيهـــا نسيج الخشب على هيئة أسطوانة متصلة (غير مقســـمة الى حزم)فتكون الأوعية فيها

---

(١) اجاث Agath

(٢) سكويا Sequoria

(٣) اروكاريا Araucaria

(٤) زرنب Taxus

(٥) تسوجا Tsuga

(٦) عرعر Juniprus

(٧) التوية Thuja

(٨) مشاع Podocarpus

(٩) ملد Ephedra

قليلة وصغيره عادة وتكون الأوعية الجزء الأكبر من خشب الجذور فى أغلب الأحوال . ولا توجد الأوعية فى خشب عدد قليل من كاسيات البذور وفى بعض الصحراويات والمائيات وفى الخشب الثانوى لذوات الفلقة الواحدة وتوجد برنشيمة الخشب فى كاسيات البذور الا بعضها القليل وهى كثيرة فى بعض أنواع الخشب كالبكان [١] والشنار [٢] وقليلة فى البعض الآخر ، كالاسفندان وشجرة الزنبق ، وبرنشيمة الخشب فى حالتها النموذجية لا توجد فى الحزم الوعائية المنفصلة ، التى تتكون فى بعض المتسلقات حيث تتوسط بين الحزم أشرطة عريضة من الأشعة البرنشيمية . كذلك قد توجد أنواع متعددة من الألياف فى النوع النباتى الواحد وخلاصة القول ، أن التعقد والتنوع فى التركيب ، هى الصفات العامة لأخشاب كاسيات البذور ولا يكاد يفوق نسيج الخشب فى هذا المضمار الا نسيج اللحاء الثانوى فى كاسيات البذور أيضا .

أشعة الخشب :

أشعة الخشب هى ذلك الجزء من أشعة النسيج الوعائى الذى يلى الكمبيوم من الداخل . ويبدو من تركيب الأشعة الوعائية ووضعها أنها تقوم بوظيفة التوصيل العرضى فىالأجزاء الحية من النسيجالوعائى وربماعاونت آيضا : بما تحوط به من مسافات بينية مستعرضة ، على تبادل الغازات بين الأنسجة والهواء الخارجى وينتقل الماء عبر الأشعة من الخشب الى الكمبيوم واللحاء ، كما ينتقل الغذاء المجهز من اللحاء الى الكمبيوم وبرنشيمة الخشب ومنها الى الخلايا الداخلية من الأشعة حيث يختزن الغذاء . ويتوقف النشاط الحيوى فى الأطراف بعد حين . اذ أن الأطراف الداخلية يطمرها الخشب الصميمى والأطراف الخارجية تتمزق مع ما حولها من الخلايا بتأثير طبقات الفلين (انظر الفصل التاسع) .

والشائع أن تكون خلايا الأشعة مستطيلة فى اتجاه محور امتداد الشعاع . فاذا كانت الخلايا جميعا من هذا النوع يوصف الشعاع بأنه متجانس ، أما اذا كانت الخلايا من أنواع متعددة أو أن تكون استطالة بعضها فى اتجاه قائم ويكون البعض مكعبا فيوصف الشعاع بأنه غير متجانس وخلية الشعاع متوازية الأضلاع فى الشكل ، مستطيلة فى أغلب الأحوال مع استدارة أركانها — وفى بعض أنواع

---

(١) بكان Carya

(٢) شنار Platanus

الأشعة العريضة ، على نحو ما يوجد فى البلوط ، قد تبدو الخلايا مستديرة فى القطاع العرضى . وتتباين وحدات أشعة الخشب فى الطول والعرض والارتفاع فقد تكون ثخانتها خلية واحدة مثل البسيا (شكل ٩٨ ج) والحور (شكل ١٠٠) وتسمى وحيدة الصفوف . وقد تكون ثنائية الصفوف أو عديدة الصفوف ، وهى فى كافة الأحوال اما متجانسة أو غير متجانسة .وفى كاسيات البذور يبدو أن الأشعة غير المتجانسة أقدم فى مراتب التطور من الأشعة المتجانسة ، وأرقى المراتب هى الأشعة وحيدة الصفوف متجانسة الخلايا وفى بعض الأحوال توجد الأشعة فى مجاميع متقاربة من الوحدات الضيقة على نحو ما يوجد فى خشب الحورة[١] والكاربينوس [٢] وتسمى تجمعات الأشعة وهو مصطلح غير موفق اذ قد يساء استعماله أو فهمه . وتمتد خلايا أشعة الخشب فى صفوف أفقية . وتنتظم الخلايا على نحو لا تتقابل فيه أطراف الخلايا فى الصفوف المتلاصقة من فوق أو من تحت ، كما لا تتصل الجدران الطرفية فى خلايا الأشعة بجدران خلايا الأجهزة الرأسية . ووحدة الأشعة تشبه الجدار لبنائه الخلايا ، والأشعة وحيدة الصفوف تشبه الجدران التى تبنى وثخانتها خلية واحدة ، والأشعة ثنائية الصفوف كجدار ثخانته لبنتان ... الخ . أما الارتفاع فيتراوح من خلية واحدة الى عدة خلايا : أى من جزء من المليلمتر الى ٨—١٠ سنتيمترات وربما فاقت بعض الأشعة النخاعية فى أنواع المتسلقات والأعشاب هذا المدى فى الارتفاع ، ولكنها تراكيب تختلف من الناحية المورفولوجية عن أشعة الخشب التى نحن بصدد الكلام عنها . وربما تباين ارتفاع الأشعة وعرضها فى النوع النباتى الواحد (أشكال ٩٩ ج ، ١٠٢ ج) وفى بعض الأنواع النباتية الأخرى لا يشاهد هذا التباين الواضح . نذكر على سبيل المثال أن الأشعة فى عاريات البذور عامة وحيدة الصفوف ولكنها تختلف فى الارتفاع (شكل ٩٨ ج) وفى كثير من أنواع البلوط تكون الأشعة اما وحيدة الصفوف أو عديدة الصفوف عظيمة العرض (شكل ١٠١ ا ، ب ، ج) دون أن تكون وسطا بين النقيضين ، وتتباين ارتفاعاتها . اما فى التامول والاسفندان فيتراوح عرض الأشعة ، بين صفين وعشرة صفوف ، ولكنها لا تتباين كثيرا فى الارتفاع وفى أنواع ديسبورس ، تتماثل الأشعة جميعا فى العرض والارتفاع وشكل مقطع الأشعة (كما يبدو فى القطاع الطولى المماسى للخشب يختلف فى النباتات المختلفة ، فقد تبدو

---

(١) حورة Alnus (٢) كاربينوس Carpinus

الأشعة طويلة ضيقة أو بيضية أو مستدقة الأطراف أو مدورة . على أن الشكل ثابت عادة فى النوع النباتى الواحد .

أما طول أشعة الخشب أى امتدادها فى الاتجاه القطرى ، فيعتمد على موضع نقطة النشأة فى الخشب (راجع نشأة الأشعة فى الفصل السادس) اذ الأشعة متصلة فى تلك النقطة بالكمبيوم ولا ينفصم هذا الاتصال الا فى حالات الضرر الذى يتلف الكمبيوم .

وليس للأشعة فى أغلب أنواع الخشب نظام محدد الا أنها موزعة توزيعا متساويا فى النسيج الوعائى (أشكال ٩٨ جـ ، ١٠٢ جـ) وأنها لا تلتقى وأن المسافات بينها محدودة. على أنها موزعة فى ترتيب محدد فى بعض أخشاب المناطق الحارة كالديسبورس ولا يبدو أن هناك علاقة بين ترتيب الأشعة وتركيب الجذع . ولكن تبدو هناك علاقة بين الأشعة التى تنشأ مبكرة ، ونظام توزيع الأوراق ، اذ يكون لها علاقة بمسير حزم العنق .

قصيبات الأشعة :

الغالب أن تكون خلايا أشعة الخشب جميعا خلايا حية تتميز عن الخلايا البرنشيمية بجدرانها الغليظة الملجننة . ولكن الأشعة فى بعض أجناس عاريات البذور (مثل الصنوبر) تحتوى على خلايا حية وأخرى غير حية ، وتسمى الخلايا غير الحية قصيبات الأشعة لقرب الشبه بينها وبين القصيبات فى شكل النقر والتركيب الكيميائى للجدران ، وعدم وجود البروتوبلاست ، ولكنها تشبه خلايا الأشعة الحية فى الشكل العام للخلية وفى وضعها فى الأشعة (شكل ١٠٥) غير أنها غير منتظمة الشكل كالخلايا الحية اذ تكون واضحة الطول ، ضيقة وتوجد قصيبات الأشعة عادة فى الحواف العليا والسفلى للأشعة ولذلك تسمى قصيبات الأشعة الطرفية والصفوف الطرفية فى مثل هذه الأحوال تتكون عادة من هذا النوع من الخلايا ونادرا ما يختلط بها القليل من الخلايا الحية . ويتراوح عدد صفوف قصيبات الأشعة بين الصف الواحد والعديد من الصفوف ، ولكن الغالب أن لا يتجاوز ثلاثة صفوف وفى بعض الأحيان التى تتكون فيها الأشعة من صف واحد أو من صفين أو ثلاثة صفوف قد يكون بناؤها من قصيبات الأشعة . كما أن قصيبات الأشعة قد تكتنف وسط الأشعة فى صفوف تسمى قصيبات الأشعة

المنتشرة فى بعض الأحوال التى تتكون الأشعة فيها من صفوف كثيرة جدا أى تكون عظيمة الارتفاع . ويبدو من تركيب قصيبات الأشعة وأوضاعها أنها تقوم بالتوصيل الجانبى للماء .

الخلايا الحافية فى أشعة كاسيات البذور :

لا توجد قصيبات الأشعة فى كاسيات البذور ولكن الأشعة فى هذه النباتات ليست متجانسة على الدوام . ففى أخشاب كثيرة من النباتات مثل أجناس الصفصاف والنسه[1] توجد خلايا حافية تختلف فى أشكالها وحجومها ومحتوياتها عن خلايا الأشعة الأخرى ، ومن الواضح أنها تختلف عنها فى الوظيفة أيضا وهى خلايا حية ومحورها الطويل قائم أو أن تكون الخلايا أقصر من خلايا الأشعة الأخرى . والنقر كثيرة وكبيرة فى الجدران الجانبية المتصلة بالأوعية ، على غير ما يكون عليه حال خلايا الأشعة الأخرى ، وقد تكون هذه الخلايا الحافية فى صفوف متصلة ، أو أن تكون متفرقة فى الصفوف الحافية . ووظيفة هذه الخلايا غير معروفة على وجه اليقين ، ولكنها فى كثير من الأخشاب تحوى افرازات خاصة كالزيوت الطيارة ومثال ذلك خشب نبات السفرس .

التيلوز :

تدخل الى فراغات الأوعية ، عبر فجوات النقر ، امتدادات مثانية من الجدران الخلوية المجاورة وهى تراكيب توجد فى الخشب الأولى والثانوى ولكنها من الصفات البارزة للخشب الثانوى ولذلك تتناولها فى هذا الموضع . ينشأ التيلوز عن تمدد الأغشية فى النقر المزدوجة نصف المصفوفة التى تقع على الجدران بين الأوعية أو القصيبات من ناحية وبرنشيمة الخشب أو خلايا أشعة الخشب من ناحية أخرى . يمتد هذا الغشاء الرقيق وينمو بالطريقة الانحشارية على ما يبدو مندفعا عبر النقرة الى فراغ الخلية غير الحية (شكل ١٠٦) ويمضى الى هذا الانتفاخ المثانى الشكل جزء من السيتوبلازم وربما انتقلت اليه النواة فاذا تم نمو التيلوز فقد يتكون فيه القليل من النشا أو البلورات المعدنية أو الراتنج والصمغ ، وقد يبقى التيلوز صغيرا ، أو قد يكبر جدا ، ويعتمد حجمه وشكله على شكل فراغ القصيبة أو الوعاء الذى يمتد فيه وعلى عدد وحدات التيلوز التى تتكون . وقد يبقى جدار التيلوز رقيقا ، ثم يتجمد أو يتهدل فى الخشب الصميمى ، أو قد

---

(١) Nyssa

يتحول الجدار الى التغلظ وربما يتلجنن ، وربما تتكون النقر فى جدران التيلوز وخاصة فى مواضع اللقاء مع وحدات التيلوز الأخرى . وعدد وحدات التيلوز فى الفراغ الخلوى الواحد يتراوح بين القليل على نحو ما يكون فى خشب الحور (شكل ١٠٠ ج) والكثير على نحو ما يكون فى خشب البلوط الأبيض (شكل ١٠١) فاذا ملأت وحدات التيلوز فراغ الخلية اتخذ كل منها شكلا مضلعا نتيجة تضاغطها . ويقال ان التيلوز ينقسم فى بعض النباتات وينشأ عن ذلك نسيج عديد الخلايا يملأ فراغ الخليـــة على نحو ما يكون فى خشب شجرة الجراد وشـــجرة القش [1] على أن مثل هذا الانقسام أمر مشكوك فيه ، وربما كان مظهرا ينتج عن وجود عدد من وحدات التيلوز المتزاحمة ، يضغط بعضها بعضا ، على نحو ما تفعل فقاعات رغوة الصابون المتزاحمة . وقد ينشأ التيلوز من بعض النقر المزدوجة دون غيرها ، كما يشاهد فى الجوز وشجرة الزنبق والسفرس ، أو ينشأ من أغلب النقر أو من جميع النقر التى تصل الوعاء بالخلية الحية على نحو ما يشاهد فى شجرة الجراد والسماق[2] والكتلبة . وقد ينشأ أكثر من تيلوز واحد من كل خلية برنشيمية ، ويتكون التيلوز ، أحيانا فى فراغات القصيبات فى خشب عاريات البذور ، ومثال ذلك بعض الصنوبريات الرخوة .

وقريب الشبه بالتيلوز ، تضخم الخلايا الطلائية المحيطة بقنوات الراتنج فى خشب المخروطيات ، مما يسبب انغلاق هذه القنوات (شكل ١٠٣ ج) تسمى هذه الخلايا المتضخمة تيلوز ، ولكن الأفضل أن تسمى أشباه التيلوز . ومثل ذلك يقال عن امتـــداد الخلايا البرنشيمية ، أو أجزاء منهـــا الى داخل الأجزاء الضعيفة ، أو المتمزقة ، من قصيبات الخشب الأول ، أو أوعيته ، أو أن تمتد فى الأجزاء الرقيقة ، بين حلقات الأوعية أو حلزوناتها .

والتيلوز من الصفات العامة لأخشاب كاسيات البذور . وقد تتميز به بعض الأنواع النباتية ، وقد لا توجد قط فى أنواع أخرى ، ويتكون التيلوز فى أخشاب كثيرة عند مرحلة تحول الخشب الرخو الى خشب صميمى وهو لذلك شائع فى الخشب الصميمى ، على أنه يوجد أيضا فى بعض الأحوال فى الخلايا الخارجيـــة من حلقات الخشب الرخو . ويوجد التيلوز أيضا فى أوعيـــة الأعشاب فقد جاء

---

(١) شجرة القش Maclura   (٢) سماق Rhus

وصــفه في بعض الأجنــاس كالقرع [١] والكانا [٢] والرجلة [٣] والحماض [٤] والاسارون [٥] والعليق [٦] وقد يكون نشأة التيلوز أمرا طبيعيا فى النبات ، وقد تنشطه الجروح فى نباتات أخرى ، فالتيلوز يتكون فى الأجزاء المحيطة بالجروح التى تصيب الأجزاء الخارجية من الخشب عند سطح الجذع ، أو فى المناطق التى قطعت منها الفروع وقد شوهد تكون التيلوز فى كتل الخشب الرخو بعد قطعها عن الشجرة وسقوطها على الأرض كما شوهد تكون التيلوز فى الأجزاء الداخلية من مسير الورقة بعد سقوطها ، مثل هذا التيلوز موضعى النشأة وهو فى العــادة غير منتظم شكلا وحجما .

ويقال فى تعليل تكون التيلوز طبيعيا أو نتيجــة للجروح أنه ينشأ نتيجــة لاختلاف فى ضغوط الخلايا على جانبى غشاء النقرة أو اختزال الضغط أو توقف تيار التوصيل فى الوعاء مما يســمح للغشاء أن يمتد الى داخل الفراغ الخلوى .

ولا يعتمد توزيع التيــلوز فى الخشب على نوعه ولا سرعة النمو ، ولا عمر النبات ، ولا ظروف البيئة انما التيلوز قليل حيث برنشيمة الخشب قليلة .

للتيلوز أهمية بالغة فى القيمة الاقتصادية للاخشاب . فهو — على تواضع أمره من أسباب تحمل الخشب وبقائه . فالأخشاب ذات القدرة على البقاء والاحتمال الا فى حالات قليلة ذات وفرة فى التيلوز — مثال ذلك شــجرة القش وشــجرة الجراد ، والجوز ، والتوت ، والكتلبة ، والبلوط الأبيض ، اذ يغلق التيلوز مسالك الأوعية وبذلك يمنع سرعة دخول الماء والهواء ، وكذلك خيوط الفطريات اليها . على أننا نذكر أن قدرة الخشب على البقــاء والاحتمال ترجع أساسا الى طبيعة الجدران ، ووجود التيلوز يمنع سرعة سريان المواد الحافظة الصناعية التى يعالج بها الخشب فعندما يعالج خشب البلوط الأحمر غير ذى التيلوز بمادة الكريوزوت ، فأن هذه المادة تسرى على مسافات بعيدة فى الأوعية بينما اذا عولج خشب البلوط الأبيض ذو التيلوز، فان هذه المادةلا تكاد تتسرب فيه قط . لذلك يستعمل خشب البلوط الأبيض (المصمت) لصناعة الأوعية والبراميل ، التى تحفظ السوائل ، أما خشب البلوط الأحمر ذو الأوعية المفتوحة ، فلا يصلح لمثل هذه الأغراض .

---

(١) قرع Cucurbita — (٢) كانا Canna

(٣) رجلة Portulaca — (٤) حماض Rumex

(٥) اسارون Asarum — (٦) عليق Convolvulus

الخشب الرخو والخشب الصميمى :

أن معارفنا الاكيدة عن نشاط التوصيل لأنسجة الخشب فى الأعمار المختلفة قليلة . ومن المرجح أن تكون الخلايا فى أوج نشاطها أول ما يتم نضجها ثم مايزال نشاطها وقدرتها على التوصيل تقل تدريجيا حتى يتوقف نشاطها الوظيفى . ومن الواضح أن قيام الخشب بوظيفة التوصيل مستمر الى حد ما ، ما استمر وجود الخلايا الحية فى عناصره ، هذا هو الخشب الرخو أما عندما يتوقف النشاط فانه يتحول الى خشب صميمى . وقد جب هذان المصطلحان ما سبقهما من مصطلحات التميز بين الصنفين من الخشب ويقوم الخشب الرخو بوظائف التوصيل والتدعيم وتخزين الغذاء أما الخشب الصميمى فالتدعيم وظيفته الوحيده . ويتضمن تحول الخشب الرخو الى خشب صميمى تغيرات هامة : فالخلايا الحية جميعا تفقد مادتها الحية ويذهب عصيرها الخلوى كما تفقد جدران الخلايا عموما كثيرا من مائها وتنتقل المواد الغذائية المختزنة فى الخلايا الحية الى أجزاء أخرى من الخشب الرخو النشيط ، ويتكون التيلوز فى أنواع الخشب ذات التيلوز ، ويزداد تلجنن جدران الخلايا البرنشيمية ذات التلجنن الجزئى : ويتكون فى الخلايا أو تسرى اليها مواد كيمائية جديدة كالزيوت والأصماغ والراتنج والمركبات التانينية ، ومختلف المواد الملونة والعطرية ، كما تثبت أغشية النقر فى أوضاع تغلق بها النقر . وباختصار يتوقف النشاط الوظيفى ويصبح الخشب الصميمى عمودا دعاميا مصمتا .

ويتباين مدى تجفيف الخشب أثناء تحوله الى خشب صميمى ، ففى قليل من النباتات مثل الغرغار والتفاح يبقى الخشب مبتلا أى مشبعا بالماء (والارجح أن لا يكون هذا الماء ساريا فى مسالك التوصيل) . وفى نباتات اخرى يصبح الخشب الصميمى جافا كما فى المران . أما المواد المختلفة كالزيوت والراتنج والمواد الملونة فقد تسرى فى الجدران ، وقد تملأ الأصماغ والراتنج فراغ الخلايا كليا أو جزئيا ، ففى الأبنوس [1] والماهوجنى [2] تمتلىء فراغات الخلايا بمواد صمغية داكنة اللون وفى أغلب الأحوال تكون هذه المواد الملونة فى جدران الخلايا وفى الأحوال الأخرى يكون وجودها فى فراغات الخلايا . ويرجع الى وجود هذه المواد كون الخشب الصميمى أدكن لونا من الخشب الرخو ، على أن الخشب الصميمى

---

(١) ابنوس Dryosperos (ebony)

(٢) ماهوجنى Sweitenia (mahogony)

فى بعض الأجناس النباتية ، مثل التامول والحور والبسـيا والأجاث ، لا يكاد يختلف لونا عن الخشب الرخو .

والخشب الصـميمى أقدر على البقاء والاحتمال ، فى الأغراض الصـناعية من الخشب الرخو ، وذلك لقلة المواد الغذائية التى تتاح فيه للفطريات والبكتريا ، ويرجع ذلك الى ضـياع البروتوبلازم والنشا وتكون مواد الراتنج والتـانين والزيوت وأنغلاق مســالك الأوعيـة بما يتكون فيها من التيلوز ويجتمع فيها من الأصـماغ مما يجعل الخشب أقل نفاذية للماء وأقل تعرضـا لعوامل العطب وكائناته . وقيمة الخشب الصـميمى الاقتصـادية أعظم من قيمة الخشب الرخو لهذه الأسباب التى ذكرنا ولغيرها كثير مثل وجود الوان مناسبة أو رائحة مرغوبة أو مواد خاصة ذات قيمة أو أهمية مثل مادة الهيماتوكسلين على أن بعض أنواع الخشب الرخو ذات أهميـة لبعض الأغراض الصـناعية الخاصة منها أنه صالح لصناعة لب الخشب لأنه خال من الأصماغ والراتنج والمواد الملونة أى أنه خشب قابل للتلوين .

ومن الظاهر أن لا حدود لمدة النشاط الوظيفى لنسيج الخشب ، فهى مرتبطة بالنشاط الفسيولوجى للشجرة أو العضو موضع النظر . فالنباتات الصبية النشطة أو الأجزاء ناشطة النمو من الأعضاء المسنة لا تحوى الا القليل أو قد لا تحوى قط شيئا من الخشب الصميمى بينما تحوى النباتات بطيئة النمو أو الأشجار المسنة نسبة كبيرة من الخشب الصميمى. ففى الأشجار المسنة، لا يكاد يبقى الخشب الرخو على حاله غير سنوات قليلة جدا ، أذ لا يلبث أن يتحول الى خشب صميمى . أما فى الأحوال التى يتجدد فيها النمو النشيط ، فان كتلة عظيمة من الخشب الرخو تتكون وتبقى على حالها سـنوات عديدة . وعندما يتحول الخشب الرخو الى خشب صميمى قد لا تتحول الحلقة السنوية دفعة واحدة أى أن الحدود الخارجية للخشب الصـميمى قد لا ترتبط بالحلقات السنوية وحيث تتكون فروع قوية فى أحد جوانب جذوع الساق أو الجذر ، فان جزء الحشب فى ذلك الجانب يظل نشيطا حيا الى مدة أطول من غيره من الأجزاء التى تساويه فى العمر .

العلاقة بين التركيب المجهرى وصفات الخشب واستعماله :

وتتباين أنواع الأخشاب فى صفاتها وفى قيمتها بالنسبة للأغراض المختلفة . فالصفات المميزة ومن ثم القيمة الاقتصادية تعتمـد على التركيب التشريحى

الكيميائى للأنسجة وتتصل الاختلافات التشريحية التى تؤثر على صفات الخشب بأنواع الخلايا ونسبة وجودها وانتظامها . نذكر على سبيل المثال وجود الألياف أو عدم وجودها ، وفرة الأوعية الكبيره فى كافة الأجزاء أو اقتصار وجودها على أجزاء محدودة ، واتساع خلايا الألياف وغلظ جدرانها وطول هذه الألياف ومدى تراكبها واستقامتها ، ووفرة أشعة الخشب واتساعها ووجود التيلوز . أما وفرة برنشيمة الخشب وتوزيعها فيبدو أن أثرها على صفات الخشب قليل . وللاختلاف فى التركيب الكيميائى للخشب أهمية كبرى بالنسبة لبعض الصفات المعينة وخاصة فى المقارنة بين الخشب الرخو والخشب الصميمى وتتباين جدران الخلايا أيضاً فى تركيبها الكيميائى وفى صفات السليلوز واللجنو سليلوز واللجنين . وأحيانا تكون الجدران جيلاتينية ، كما قد توجد مركبات التانين بكميات ملحوظة بأن تتسرب الى الجدران ذاتها . كذلك قد تحوى فراغات الخلايا كميات متباينة من الأصماغ والراتنج والتانين .

الوزن :

لا يختلف الوزن النوعى لمادة الجدران فى خلايا الخشب كثيرا (حوالى ١و٥٣) . أما الاختلاف فى الوزن ، فيرجع الى تباين النسبة بين مادة الجدران وفراغات الخلايا . فحيث الفراغات صغيرة ، يكون الخشب كثيفا ثقيلا . لذلك يزيد من وزن الخشب وجود الألياف الغليظة الجدران على نحو ما يوجد فى خشب عود الأنبياء [١] والأبنوس (شكل ١٠٣ أ) والتفاح (شكل ١٠٢) أماحيث الجدران رقيقة وفجوات الألياف والخلايا البرنشيمية واسعة فالخشب خفيف كما أن وجود كثير من الأوعية رقيقة الجدران على نحو ما يوجد فى الحور (شكل ١٠٠) والزيزفون يقلل من الوزن النوعى للخشب حتى ولو كانت الألياف غليظة الجدران وأنواع الخشب المعروفة بأخشاب الفلين ، مثل البلسه [٢](شكل ١٠٣ ب) تحوى نسبة عالية من الخلايا البرنشيمية رقيقة الجدران .

ويتراوح الوزن النوعى للأخشاب من حوالى ٠و٠٤ (خشب القبعات) [٣]

(١) عود الانبياء Guaiacum

(٢) بلسه Ochroma

(٣) نبات خشب القبعات Aeschynomene

الى ٤ و ١ (خشب الحديد الأسود) [1] والوزن النوعى لأغلب أنواع الأخشاب التجارية المعروفة يتراوح من ٣٥ر٠ الى ٦٥ر٠ ويتراوح الوزن النوعى لأخشاب أنواع البلوط من ٦٥ر٠ الى ٩٥ر٠ ، وأنواع البكان من ٦٢ر٠ الى ٦٩ر٠ ، وأنواع التنــوب من ٣٥ر٠ الى ٤٧ر٠ ، وأنواع الحور من ٣٦ر٠ الى ٤١ر٠ ، وأنواع السكويا من ٢٩ر٠ الى ٤٢ر٠ ومن أمثلة الأخشاب الثقيلة أنواع عود الأنبياء ، اذ يتراوح الوزن النوعى فيها من ١ر١ الى ٤ر١ ، وأنواع الكافور من ٨ر٠ الى ٢٥ر١ ، وأنواع السنط من ٨ر٠ الى ٣ر١ . ومن أنواع الأخشاب الخفيفة ذات القيمة الاقتصادية خشب البلسة اذ يتراوح وزنه النوعى من ١٢ر٠ الى ٣٧ر٠ ويستعمل فى بناء طبقات العزل وصناعة الطيارات وقوارب النجاة ، فهو خشب حسن البناء قوى التركيب بالنسبة لوزنه الخفيف . ومن الناحية التشريحية يوجد نوعان من الخشب الخفيف . نوع تتبادل فيه نطاقات من الخلايا ذات الجدران الملجننة الغليظة والخلايا ذات الجدران الرقيقة غير الملجننة ونوع تتوزع فيه هذه العناصر فى انتظام وتجانس . وفى بعض أنواع الخشب فى نباتات فصيلة البابائط [2] والحمرة [3] لا تتلجنن غير جدران الأوعية ، أما ما عداها فتبقى غير ملجننة ، ويبدو الخشب كأنه كتلة من اللفت .

قوة الخشب :

يريد من قوة الخشب ، وجود نسبة عالية من الألياف والقصيبات الليفية . ولذلك فالأخشاب الكثيفة الثقيلة ، أخشاب قوية فى العادة ، ويبدو أن طول الألياف ومدى تراكب أطرافها صفات ذات أهمية ثانوية ، بالنسبة لقوة الخشب .

احتمــال الخشب :

المقصود باحتمال الخشب قدرته على مقاومة العطب ، الذى تحدثه الفطريات وأنواع البكتريا ، وهو أمر يعتمد فى الغالب على التركيب الكيميائى للخشب ، وخاصة جدران الخلايا ومحتوياتها ولا علاقة — الا فى حالة الأخشاب الخفيفة جدا — بين الصفات الطبيعية كالوزن والقوة والاحتمال ومدى بقاء الخشب .

(١) نبات خشب الحديد الأسود Krugiodendron

(٢) فصيلة البابائط Caricaceae

(٣) فصيلة الحمرة Phytolaccaceae

ومن الطبيعى أن وجود التيلوز ، الذى يغلق الأوعية ، يمنع دخول الخيوط الفطرية والماء والأكسجين ، ولكن الواقع أن ما يحدد بقاء الخشب هو ما يتشربه من مواد حافظة طبيعية مثل التانين والراتنج والزيوت . والخشب الثقيل والخفيف ، كلاهما قادر على البقاء ، مثال ذلك أخشاب السكويا والكتلبة والكستناء وشجرة القش . وهناك أخشاب تقابل هذه فى الثقل أو فى الخفة ، وليس لها قدرة على البقاء مثل الحور والزيزفون والاسفندان والبكان ، ولا يعتمد بقاء الخشب على لونه الداكن ولو أن العادة أن الخشب الصميمى أمتن وأكثر احتمالا من الخشب الرخو أما القدرة على احتمال التلف الآلى ، فتعتمد على صلابة الخشب وكثافته ومتانته .

صفات اخرى :

الأخشاب ذات التركيب المتجانس ، والألياف الطويلة المستقيمة المتراكبة والأشعة المستطيلة لها القدرة على التثنى ومن اليسير شطرها الى رقائق . وقوة الخشب وقدرته على الاحتمال الآلى يتضمن قوة التركيب مع شىء من الليونة مما يرجع الى حد ما ــ الى تراكب الألياف . والأخشاب ذات الألياف المتراكبة المتماسكة يمكن أن يكون لها استعمالات خاصة : فخشب الغرغار ــ على سبيل المثال يستعمل لصناعة عيدان الأقفاص والعجلات ، ويستعمل خشب شجرة الحديد الأمريكى فى صناعة المدقات والمطارق . وربما يرجع تداخل تعرق الخشب فى بعض النباتات مثل الشنار ، الى وجود أشعة منخفضة الارتفاع ، عريضة نسبيا ، تحيط بها الألياف . أما الأخشاب ذات الألياف المتراكبة المتماسكة ، والبناء غير المنتظم ، فليس من اليسير تشكيلها للأغراض الصناعية . وفى جميع الأحوال والصفات يكون لنسبة الماء الموجود أهمية كبيرة .

تشرب المواد الحافظة :

تعتمد سرعة تشرب الخشب للمواد الحافظة كالكريزوت ، على تركيب الخشب وبنائه . فالمسالك المفتوحة كالأوعية وقنوات الراتنج ، مجار يتسرب فيها السائل الحافظ . ولكن حفظ المناطق المحيطة بهذه المسالك وحدها قليل الفائدة . والتسرب خلال الجدران الغليظة بطىء انما التسرب السريع يكون عبر النقر المزدوجة اذ ينتقل السائل من فراغ خلوى الى فراغ آخر ، على نحو ما ينتقل الماء فى النسيج

الحى . وانتقال السوائل عبر النقر يتم ولا شك خلال الأجزاء الرقيقة الجانبية من أغشية النقر وللنقر المضفوفة فى هذا الصدد أهمية خاصة فعندما يغمس الخشب الرخو الحى فى سائل حافظ تحت ضغط ، أى يتعرض لضغط من جميع الجهات ، فان تشرب الخشب للمادة الحافظة يكاد أن يكون معدوما . أما اذا استعمل الحافظ عند أحد أطراف كتلة الخشب تحت ضغط فان التسرب يصبح سريعا ، فاذا زاد الضغط قل التشرب . ويبدو أن هذا التوقف يرجع الى غلق النقر المزدوجة بتحرك التخت الى ناحية واحدة (أشكال ٢٢ جـ ، ٢٥ جـ) والخشب الأخضر قليل التشرب للمواد الحافظة . وفى بعض الأحوال يعامل مثل هذا الخشب بالمواد الحافظة تحت ضغط ولكن السائل الحافظ لا يدخل الى الخشب الا بعد خروج الماء الموجود فى الخشب الأخضر فى الأحوال الخاصة ، أى بعد تجفيفه ومن الناحية العملية لا يعالج بالمواد الحافظة الا الخشب المجفف . على أن الأسباب التركيبية التى تيسر تشرب الخشب المجفف للمواد الحافظة غير معروفة على وجه التحديد . وقد كان الاعتقاد أن ذلك يرجع الى تشقق جدران الخلايا تشققا مجهريا دقيقا ، مما ييسر انتقال السوائل من فراغ خلوى الى فراغ مجاور . ولكن ثبت أن مثل هذه التشققات لا تحدث فى كل الأحوال ، وهى عندما تتكون لا تمتد عبر الجدار كله (شكل ٢٧١ ك) بل ان أغشية النقر تتمزق نتيجة للتجفيف الا نادرا ومن الجائز أن يرجع هذا التغير الى تغيرات حالة الشد والتوتر السطحى وحالة التوصل الشعرى ، وحالة مرور السوائل عبر فتحات أو ثقوب دقيقة تكون فى أغشية النقر المزدوجة وعلى الرغم من اتساع الأوعية ووفرة النقر فى الخشب المبكر عنها فى الخشب المتأخر ، فان تسرب المواد الحافظة أيسر فى هذا الخشب المتأخر سواء كان أخضر أو جافا . ويرجع ذلك ولا شك الى أن الأغشية الغالقة فى النقر المزدوجة أقل قدرة على الحركة والغلق وعلى العموم يكون الخشب الرخو أيسر تشربا للمواد الحافظة من الخشب الصميمى ويرجع ذلك الى التخت الذى يتخذ فى النقرة المزدوجة المضفوفة فى الخشب الصميمى وضعا جانبيا غالقا ثم تنسد فجوات النقر فى أغلب الأحوال بمواد صمغية أو راتنجية وربما انسدت فراغات الأوعية ذاتها بهذه المواد أو بالتيلوز .

تعرق الخشب :

يعتمد مظهر الخشب المصنع أى تعرقه على التباين فى حجوم الخلايا وأشكالها وانتظامها ونسبة الأنواع المختلفة من الخلايا الداخلة فى بنائه . ومن الكلمات الشائعة فى وصف تعرق الخشب : تعرق عريض ، تعرق دقيق ، تعرق عرضى . أما التعرق الحلزونى فيرجع الى انتظام خلايا النظام الرأسى فى صفوف متوازية ولكنها جميعا تلتف على نحو حلزونى حول جذع الشجرة . ومن المظاهر البارزة فى التعرق الصفات الرئيسية فى بناء الخشب مثل الحلقات السنوية وأشعة الخشب . ولتبادل طبقــات الخلايا الكبيره وطبقــات الخلايا الدقيقة فى الخشب المبكر والخشب المتأخر أثر واضح على تعرق أصناف عديدة من الخشب مثل أنواع الصنوبر الصلب وأنواع المران . وعندما يمر القطاع طوليا فى الأشعة ، على نحو ما يمر القطاع الطولى القطرى فى العضو أو القطاع الطولى المائل ، فان هذه الأشعة تظهر بوضوح زائد فى الخشب نظرا لبنائها الكثيف ولأنها تتأثر بالأصباغ والملمعات والأشعة الكبيرة فى البلوط تجعل للخشب تعرقا فضيا مما يجعل له قيمة خاصة فى صــناعة الأثاث . أما التعرق الجعد فينتج عن مسالك متماوجة للخلايا مما قد يكون فى بعض الأشجار أو فى بعض أجزاء منها وهو شائع فى التامول والكستناء والاسفندان واللوز وغيرها . أما تعرق عيون الطير فيرجع الى وجود كثيرمن البراعم الساكنة تبقى فى الخشب كاسطوانات صغيرة ضعيفة التكون اذ يكون أغلب بناء أسطواناتها الوسطى من خلايا برنشيمية . وتبدو هذه الأسطوانات الوسطى كعيون فى القطاع المماسى ، بينما الألياف وغيرها من خلايا الجهاز الرأسى تنفسح حولها كما تكون حول قاعدة الفروع .

خشب الانضغاط :

يوجد فى كثير من الصنوبريات ، مثل شبه التوية ، والصنوبر والأروكاويا ، صنف من الخشب لونه أدكن من الخشب الرخو ، حتى ليكون محمرا فى أغلب الأحوال ، وقريب الشبه بالخشب الصميمى . يكون هذا الخشب تحت الفروع وفى الجانب الأسفل من الأشجار غير قائمة ، ويسمى الخشب الأحمر أو خشب الانضغاط ترجع هذه التسمية الى لونه أو الى موقعه فى الجذع حيث يتعرض للضغط على ما يبدو . ومن صفات هذا الخشب أنه أكثر كثافة وأقل قوة من الخشب العادى ، وهذا يتقلص طوليا بالتجفيف أكثر مما يتقلص الخشب العادى .

أما من الناحية التشريحية فهو لا يكاد يختلف الا قليلا عن الخشب العــادى ، فخلاياه أكثر قليلا وجدرانه أغلظ وتبدو قصيباته فى القطاع العرضى مدورة ذات مسافات بينية . والظاهر أن خشب الانضغاط ، يتكون نتيجــة للتأثر بظاهرة الجذب الأرضى ، وليس نتيجة للتأثر بالضغط أثناء النمو .

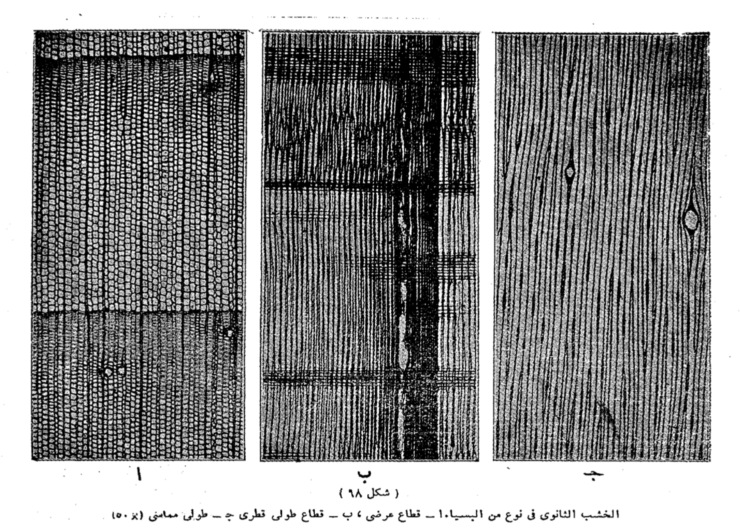
الرقط النخاعية الشعاعية :

ينتج عما يصيب الكمبيوم من تمزق ، أثر هجوم أنواع من الحشرات تسمى حفارات الكمبيوم ، أن تتكون رقع من أنسجة الجروح فى الخشب الناضج ، وتبدو هذه الأنسجة فى القطاع العرضى كرقع صغيرة من الخلايا البرنشيمية غليظة الجدران ، متناثرة فى غير انتظام فى نسيج الخشب . وهى تشبه أشعةالخشب أو الأشعة النخاعية فى أنهــا تتكون من خلايا برنشيمية ولذلك تسمى الرقط النخاعية الشعاعية أو البقع النخاعية . ولكن الواقع أن لا صلة لها بالنخــاع أو بالأشعة وهى شائعة فى أخشاب الورد والصفصاف والاسفندان والتامول وغيرها . وتتبع الحشرات التى تسبب هذه الحالة أنواعا عديدة ولكن أغلبها من فصيلة ثنائية الأجنحة (دبترا) . تشق اليرقات طريقها فى الجذع مكونة مسالك تصل الى الكمبيوم أو الى الخشب غير الناضج . ولا تلبث الفجوة التى أحدثتها اليرقة أن تمتلىء بما ينمو فيها من الخلايا المحيطة . أما اذا أصاب الكمبيوم تمزق ، فسرعان ما يستعاض عنه ، ثم لا يلبث أن يستأنف النمو الطبيعى فتدفن آثار من الجروح فى أنسجة الخشب النامى . ولمثل هذه الجروح أثر هين على الشجرة ذاتها ولكنها قد تقلل من قيمتها التجارية كما يحدث فى الاسفندان واللوز ومن الأخطاء الدارجة اعتبار هذه الرقط من الظواهر الطبيعية فى بناء الخشب .

التصمغ :

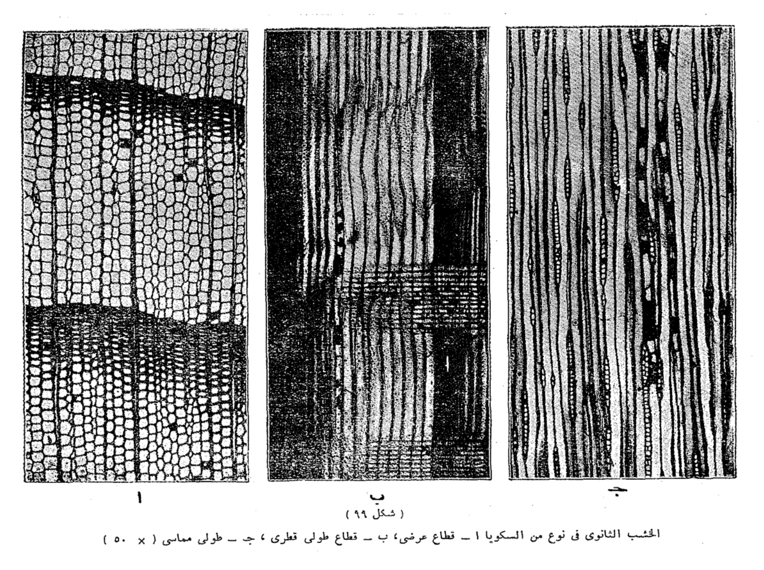
التصمغ من الظواهر المرضية الشائعة التى تستحق أن نذكرها هنا . يتكون التصمغ نتيجة لأنواع متعددة من الجروح التى تتعرض بها الأنســجة لبعض التجفيف فتتحول جدران الخلايا المحيطة بمنطقة الجرح الى مادة صمغية . يبدو أن هذا التحول ، ينتج بتأثير انزيم يؤثر أولا على الصفيحة الوسطى ، ثم لا يلبث

أن يذيب الجدار كله . وقد يكون أثر هذا التصمغ محدودا ، أو قد يتسع حتى يتحول النسيج الى كتلة من الصمغ . وربما يملأ الصمغ فراغات الخلايا ، التى تأثرت بالجرح ، بأن يتسرب اليها خلال النقر ، وقد يطفح خارجا من النسيج . والتصمغ شائع فى النباتات الخشبية ، وخاصة بعد هجوم الحشرات وغيرها . وهو واضح على الخصوص فى بعض النبـاتات ، كالكرز والخوخ ، وأنواع السيال ، والسنط ،وغيرها وربما تكون التصمغ فى كثير من النباتات نتيجـة لجروح أو أثر مرضى وقد يكون له أثر فى حماية ما دونه من الأنسجة .



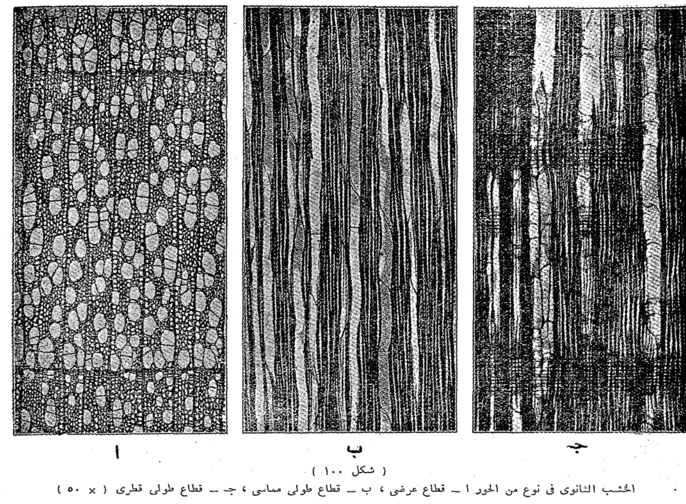
(شكل ٦٨)

الخشب الثانوى فى نوع من البسيا ا — قطاع عرضى ، ب — قطاع طولى قطرى ج — طولى مماسى (× ٥٠)



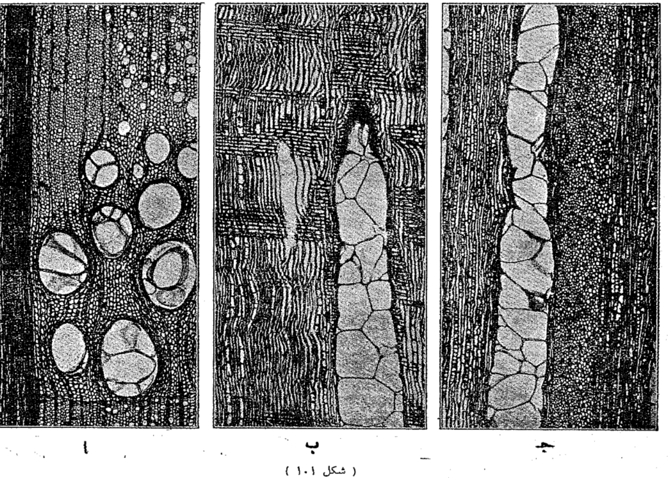
(شكل ٩٩)

الخشب الثانوى فى نوع من السكويا ا ــ قطاع عرضى، ب ــ قطاع طولى قطرى ، جـ ــ طولى مماسى (× ٥٠)



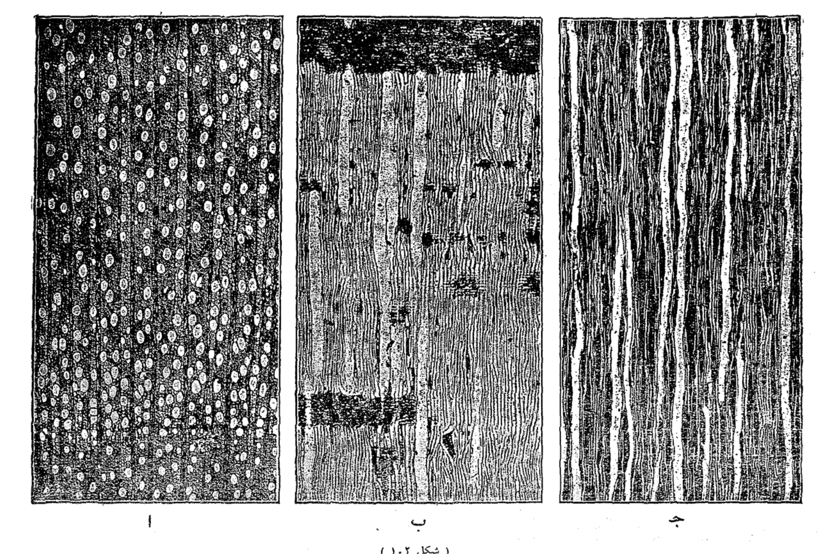
(شكل ١٠٠)

الخشب الثانوى فى نوع من الحور ا ـ قطاع عرضى ، ب ـ قطاع طولى مماسى ، جـ ـ قطاع طولى قطرى (× ٥٠)



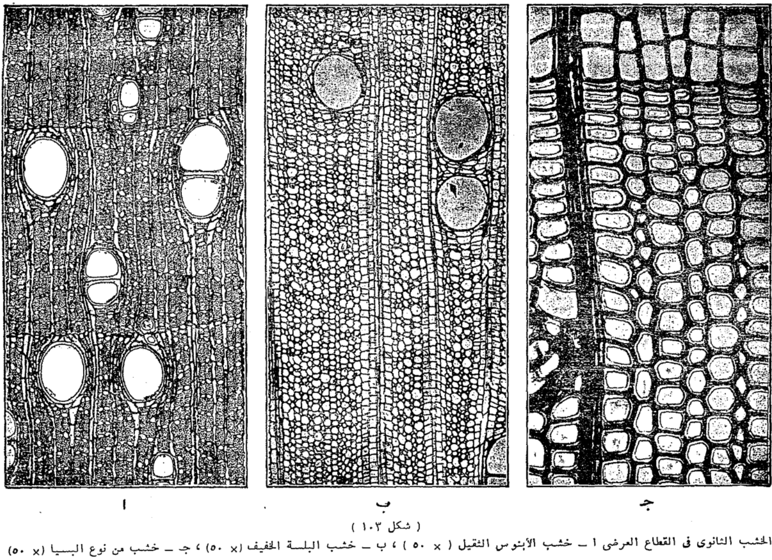
(شكل ١٠١)

الخشب الثانوى فى نوع من البلوط ا ـ قطاع عرضى ، ب ـ قطاع طولى قطرى ، جـ ـ قطاع طولى مماسى (× ٥٠)



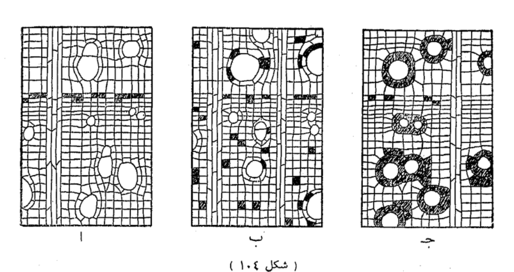
(شكل ١٠٢)

الخشب الثانوى فى التفاح ا – قطاع عرضى ، ب – قطاع طولى قطرى ، ج – قطاع طولى مماسى (× ٥٠)



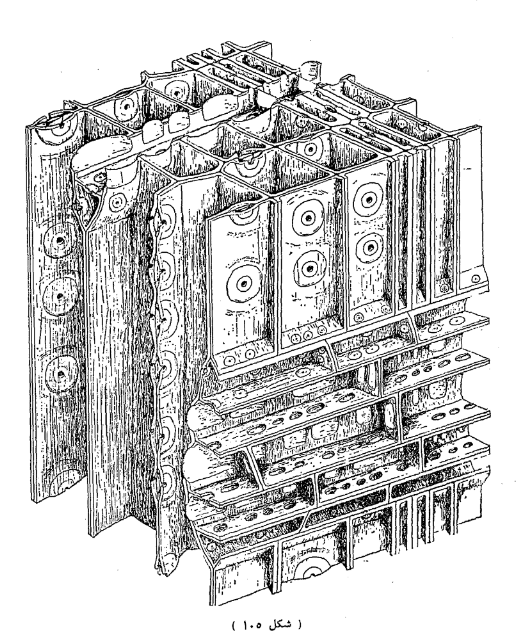
(شكل ١٠٣)

الخشب الثانوى فى القطاع العرضى ا ـ خشب الأبنوس الثقيل (× ٥٠) ، ب ـ خشب البلسة الخفيف (× ٥٠) ، جـ ـ خشب من نوع البسيا (× ٥٠)



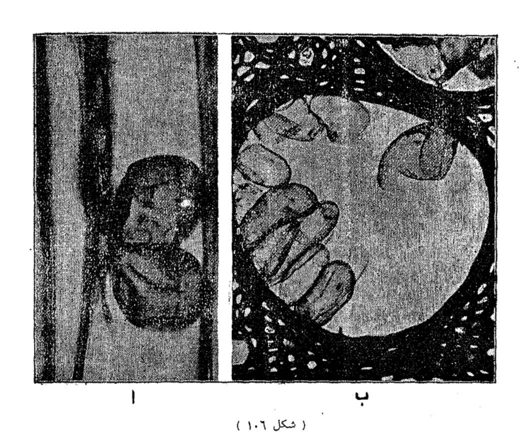
(شكل ١٠٤)

رسم تخطيطى يبين توزيع برنشيمة الخشب (الخلايا البرنشيمية مظللة) ا ـ برنشيمة طرفية ، ب ـ برنشيمة منتشرة ، جـ ـ برنشيمة حول وعائية



(شكل ١٠٥)

الخشب الثانوى فى نوع من الصنوبر . يبين الرسم تفصيل البناء . الحجم النسبى للاشعة مبالغ فيه
تظهر فى الرسم أجزاء صغيرة من القصيبات . لا تظهر فى الرسم محتويات خلايا الاشعة الحية



(شكل ١٠٦)

التيلوز . ا — وحدتا تيلوز نشأتا من نقر خلية شعاعية واحدة (فى نوع من الكستناء : × ٦٨٠) .
ب — وحدات تيلوز صغيرة فى وعاء من خشب نوع من البلوط

REFERENCES المراجع

(Further references for Xylem under Chap. IV)

AUCHTER, E. C.: Is there normally a cross-transfer of foods, water, and mineral nutrients in woody plants ?, *Univ. Md. Agr. Exp. Sta. Bull.*, 257, 1923.

BAILEY, I. W.: The effect of the structure of wood upon its permeability. No. 1 The tracheids of coniferous timbers, *Amer. Ry. Eng. Assoc. Bull.*, **174**, 1-17, 1915.

——: The structure of the bordered pits of conifers and its bearing on the tension hypothesis of the ascent of sap in plants, *Bot. Gaz.*, **62**, 133-142, 1916.

——: The structure of the pit membranes in the tracheids of conifers, and its relation to the penetration of gases, liquids, and finely divided solids into green and seasoned wood, *For. Quart.*, **11**, 12-20, 1913.

BARGHOORN, E. S., JR.: The ontogenetic development and phylogenetic specialization of rays in the xylem of dicotyledons. I. The primitive ray structure, *Amer. jour. Bot.*, 27, 918-928, 1940. II. Modification of the multiseriate and uniseriate rays, *Ibid.*, **28**, 273-281, 1941.

——: Origin and development of the uniseriate ray in the Coniferae, *Bull. Torrey Bot. Club*, **67**, 303-328, 1940.

BROWN, H. P.: Pith-ray flecks in wood, *U. S. Dept. Agr. For. Serv. Circ.*, **215**, 1913.

——: and A. J. PANSHIN: " Commercial Timbers of the United States ", New York, 1940.

CIESLAR, A.: Das Rotholz der Fichte, *Centralbl. Ges. Förstwesen*, **22**, 149-165, 1896.

GERRY, E.: Fiber measurement studies : length variations, where they occur and their relation to the strength and uses of wood, *Science*, new ser., **41**, 179, 1915.

——: Microscopic structure of wood in relation to properties and uses, *Proc. Soc. Amer. For.*, **8**, 159-174, 1913.

——: Tyloses : thier occurrence and practical significance in some American woods, *Jour. Agr. Res.*, **1**, 445-469, 1914.

HIGGINS, B. B.: Gum formation with special reference to cankers and decays of woody plants, *Ga. Exp. Sta. Bull.*, **127**, 1919.

HYDE, K. C.: I. Tropical light weight woods, *Bot. Gaz.*, **79**, 380-411, 1925.

JEFFREY, E. C.: "The Anatomy of Woody Plants", Chicago, 1917.

KANEHIRA R.: Anatomical characters and identification of Formosan woods with critical remarks from the climatic point of view, Tai hoku, 1921.

——: On light-weight woods, *Jour. Soc. For.* Japan, **15**, 601-615, 1933. (Abstract in *Trop. Woods,* **37**, 52-53, 1934.)

KLEIN, G.: Zur Atiologie der Thyllen, *Zeitschr. Bot.*, **15**, 417-439, 1923.

KOEHLER, A.: "The Properties and Uses of Wood", New York, 1924.

KRIBS, D. A.: Salient lines of structural specialization in the wood rays of the dicotyledons, *Bot. Gaz.*, **96**, 547-557, 1935.

KÜHNS, R.: Die Verdoppelung des Jahresringes durch künstliche Entlaubung, *Bibl. Bot.*, **70**, 1-53, 1910.

KÜSTER, E.: Secundäres Dickenwachstum : Holz und Rinde, *In* Linsbauer, K.: "Handbuch der Pflanzenanatomie", IX, 1939.

MULLER, C.: Uber die Balken in den Holzelementen der Coniferen *Ber. Deut. Bot. Ges.*, **8** (sup.), 17-46, 1890.

PENHALLOW, D. P.: Anatomy of North American Coniferales together with certain exotic species of Japan and Australasia, *Am. Nat.*, **38**, 243-273, 331-359, 523-554, 691-723, 1904.

PILLOW, M. Y., and R. F. LUXFORD : Structure, occurrence, and properties of compression wood, *U.S.D.A. Tech. Bull.*, 546, 1937.

RECORD, S. J.: "Identification of the Timbers of Temperate North America," New York, 1934.

—— and C. D. MELL ; "Timbers of Tropical America", New Haven, 1924.

—— and R. W. HESS : "Timbers of the New World," New Haven, 1943

ROBINSON, J.: The microscopic features of mechanical strains in timber and the bearing of these on the structure of the cell wall in plants, *Phil. Trans. Roy. Soc. London,* **210 B,** 49-82, 1920.

SIFTON, H. B.: The bar of Sanio and primordial pit in the gymnosperms, *Trans. Roy. Soc. Can. Sect., V,* **16**, 83-99, 1922.

الفصل الثامن

اللحاء الثانوى

تناولنا بالدراسة فى الفصل السابق ، تلك الأنسجة الثانوية ، التى يكونها الكمبيوم تجاه الجزء الداخلى من العمود الوعائى ، وتعرف بالخشب الثانوى . ويختص هذا الفصل بدراسة أنسجة مناظرة ، تتكون تجاه الجزء الخارجى من العمود الوعائى وهى اللحاء الثانوى . وقد استعمل بعض المؤلفين المصطلحين « القلب الداخلى » و « اللحاء » للدلالة على هذه الأنسجة ، غير أن هذين المصطلحين ليسا مميزين بدرجة تكفى لأن يصبح استعمالهما الفنى قيما . وقد سبق أن ذكرنا فى الفصل الرابع المصطلحات المستخدمة فى وصف تركيب اللحاء ، وسنكرر هنا بعض تلك المصطلحات وهذا الوصف بغية استكمال الدراسة .

اتساع اللحاء الثانوى وكميته : يتوقف اتساع اللحاء الثانوى على نوع النبات وعلى عمر الجزء النباتى موضوع الدراسة . ويرتبط توزيع اللحاء الثانوى دون شك ، بتوزيع الكمبيوم . وعلى ذلك فان هذا النسيج بأكمله قد يكون طبقة فوق كل أجزاء محور النبات فيما عدا المناطق القيمة ، وقد يمتد للخارج فى مسيرات الأوراق داخل العروق الكبيرة للورقة . وفى السوق العشبية ، وبخاصة تلك التى يكون فيها النسيج الوعائى مختزلا والعمود الوعائى مجزأ ، قد يكون اللحاء الثانوى أشرطة أو شرائح من النسيج تظهر — كما ترى فى القطاعات العرضية للعمود الوعائى — كمجموعات منفصلة من الخلايا بين الكمبيوم والبريسيكل (شكل ١١١ أ ، ب) . ويكون اللحاء فى تلك النباتات رقيقا فى الاتجاه القطرى ، ومن ثم فان كميته الكلية تكون صغيرة وعلى النقيض من ذلك ، قد تكون الطبقة الغليظة الموجودة خارج الكمبيوم فى النبات الخشبى المتقدم فى العمر عبارة عن لحاء ، حى وميت ، مختلط بكميات متفاوتة من البريدرم . وبين الحالتين المتطرفتين ، توجد جميع الحالات الوسطية . وتكون كمية اللحاء الثانوى فى العادة أقل من كمية الخشب الثانوى ، من حيث الحيز المشغول بالنسيج وعدد الخلايا المتكونة . ويكون هذا الفرق فى الكمية بالغ الوضوح فى النباتات

الخشبية ، لالتعرض اللحاء القديم للسحق فحسب ، ولكن أيضا لسقوط الطبقات الخارجية غير الحية من اللحاء ، نتيجة التقلبات الجوية أو بالانفصال .

أهمية اللحاء الثانوى : أن الأهمية الخاصة للحاء الثانوى هى أنه ، فى معظم ذوات الفلقتين وعاريات البذور ، يحل سريعا محـل اللحـاء الابتدائى ، الذى ينسحق ويصـبح غير قادر على تأدية وظيفته . ويحـدث ذلك بوجه خاص فى النباتات الخشبية التى يبدأ النمو الثانوى فيها بالقرب من القمة النامية ويؤدى مباشرة الى سحق نسيج اللحاء الابتدائى الرقيق . وفى الحقيقة ، يكون بقـاء الخلايا الموصلة فى اللحاء الابتدائى كنسيج قائم بالوظيفة قصير الأمد لدرجة أنه يصعب فى تلك النباتات دراستها . وهى تبدو فى القطاعات العرضـية للفروع الحديثة كخطوط غير واضحة من الجدر الرقيقة ومادتهـا ، وقد سحقت بحيث لم تعد تحتفظ بشكل خلاياها الأصلية وتركيبها . وفى بعض النباتات العشبية من ذوات الفلقتين ، يكون اندثار اللحاء الابتدائى غير تام أو لايحدث اندثار كما فى نبات البطاطس . وفى ذوات الفلقة الواحدة التى تحتوى على تغلظ ثانوى ، تبقى الأنسـجة الابتدائية كاملة . ويمكن القول بوجه عام ، أنه فى النباتات التى يحدث فيها تغلظ ثانوى ، يكون اللحاء الثانوى هو اللحـاء الوحيد المهم من الناحية الفسيولوجية ،لأية مدة طويلة من الوقت . ويعد تكوين هـذا النسيج من الكمبيوم بصـورة مستمرة من المظاهر الضرورية ، اذ أن اللحاء الثانوى نفسه يعمل كنسيج فسيولوجى لفترة قصيرة .

تركيب اللحاء الثانوى : اللحاء الثانوى فى جملته نسيج معقد ، يتكون من عدد من الطرز الخلوية جميعها ذات أصل عام واحد فى الكمبيوم . وهو لا يختلف اختلافا جوهريا عن اللحـاء الابتدائى ، اذ يحتوى النسيجان على نفس أنواع الخلايا . واللحاء الثانوى ، بمقارنته باللحاء الابتدائى لنفس النوع ، تكون خلاياه مرتبة فى صفوف قطرية بصورة أكثر انتظاما فى العادة ، ويحتوى نسبة أعلى من الأنابيب الغربالية ، التى تكون أكبر حجما وجدرها أكثر تغلظا ، وتكون عناصره الغربالية وأليافه أقصر طولا ، وحيـاته الوظيفية أطول . والعناصر التى توجد عادة فى اللحاء الثانوى هى الخلايا أو الأنابيب الغربالية ، والخلايا المرافقة التى ترافق الأنابيب الغربالية فى كاسيات البذور ، وطراز أو أكثر من الخلايا البرنشيمية وخلايا الأشعة اللحائية . ويوجـد أيضا فى أكثر الأحيـان بعض طرز الخلايا

الاسكلرنشـــيمية ، كما توجد الخلايا الافرازية ، والأنابيب اللبنية ، والقنوات الراتنجية بصورة أقل شـــيوعا . ويتفاوت ترتيب الأنواع المختلفــة من الخلايا ونسبتها تفاوتا كبيرا فى الأنواع المختلفة من النباتات .

الخلايا الغربالية والأنابيب الغربالية : الخلايا والأنابيب الغربالية هى العناصر المميزة فى كل اللحاء الثانوى من حيث التركيب والوظيفة . والخلايا الغربالية هى من خصائص عاريات البذور . وهى خلايا منفصــلة متميزة تشبه القصيبات من هذه الناحية . أما الأنابيب الغربالية فتتميز بها كاسيات البذور . وهى عبارة عن صــفوف من عناصر الأنابيب الغربالية متصلة أطرافها بعضها ببعض ، وتحتوى على أعلى أنواع المساحات الغربالية تخصصــا . والأنابيب الغربالية فى اللحاء الثانوى لذوات الفلقتين ذات أنواع كثرة متباينة من حيث شكل الجدر الطرفية وطبيعتها . ففى كثير من أنواع النبــاتات الخشــبية ، مثــل أحد أنواع جنس الكاريا[1] (شكل ١٠٩ ب) ، تمتد الجدر الطرفية المائلة لعناصر الأنابيب الغربالية الى مايقرب من نصف طول العنصر فى أكثر الأحيان . وتحتوى هذه الجدر المائلة على كثير من المساحات الغربالية المتخصصة التى تكون مع بعضها صفائح غربالية مركبة.ويكاد يكون هذا النوع من الصفائح الغربالية مقصورا على الجدر القطرية ومن ثم يربط بين الخلايا التى توجد فى نفس المرحلة الوظيفية . أما النوع المتطرف الآخر فهو ذلك الذى يوجد فى جنس روبينيا (شكل ١٠٩ ج) وجنس مكلورا[2] وبعض أنواع جنس النشم (شكل ١١٠ ج) ، وفيه تكون الجدر الطرفية لعناصر الأنابيب الغربالية مســـتعرضة . وتوجد فى هذه الحالة مســـاحة غربالية واحدة متخصصة هى التى تعرف بالصفيحة الغرباليــة البســيطة . وبين هذين النوعين المتطرفين توجد كل الأشكال الانتقالية.ولايسود نوع منهذه الأنواع فى كاسيات البذور الخشبية ، بل أنه فى الأنواع الوثيقة الصلة — كأنواع جنس المران — قد توجد أنواع واضحة التباين . وفى غالبيــة أنواع النباتات الخشــبية تحتوى عناصر الأنابيب الغربالية فى اللحاء الثانوى ، على صفائح غربالية بسيطة (شكل ١١١ ج) ، وحيث توجد صفائح غربالية مركبة ، فانها لاتكون من ذلك النوع المتطرف الموجود فى الفصيلة الجوزية [3] . والأنابيب الغربالية فى البادرات ، وفى

---

(١) Caria cordiformis

(٢) Maclura

(٣) Juglandaceae

اللحاء المتكون فى السنوات القليلة الاولى ، فى الفروع الخشبية ، تكون صغيرة الحجم نسبيا ، وتحتوى على صفائح غربالية مركبة قليلة . والصفيحة الغربالية فى نوع ما من النباتات ، ثابتة النوع عادة فى الأنسجة التى فى نفس العمر .

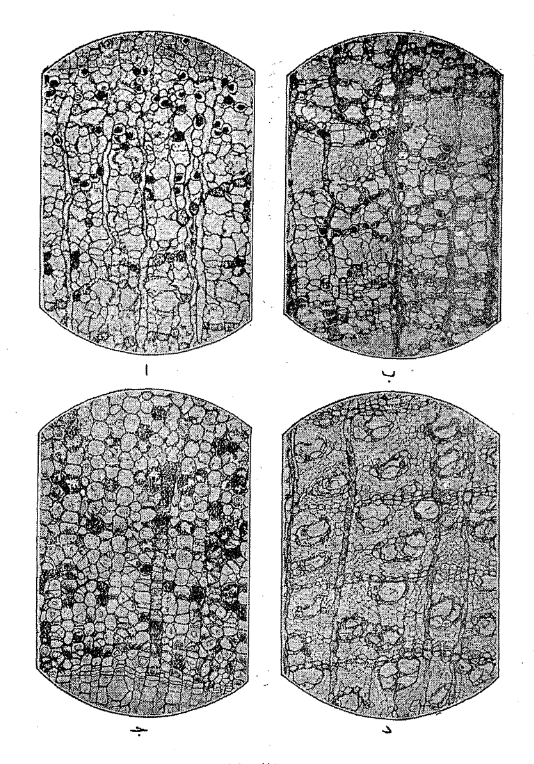
وتتفاوت نسبة وترتيب الخلايا والأنابيب الغربالية ، فى اللحاء الثانوى ، تفاوتا كبيرا فى الأنواع المختلفة . ففى عاريات البذور ، تكون الخلايا الغربالية الجزء الأكبر من اللحاء ، وتوجد الخلايا البرنشيمية والاسكلرنشيمية بكميات صغيرة . وعلى النقيض من ذلك ، توجد فى معظم النباتات العشبية ، وفى البادرات ، وفى الفروع الحديثة للنباتات الخشبية ، واللحاء الثانوى البالغ لبعض النباتات الخشبية — كأحد أنواع كل من جنسى كاريا (شكل ١٠٧ د) ودركا [١] — نسبة من الأنابيب الغربالية ، قد تقل بكثير عن نسبة الأنواع الأخرى من الخلايا . وتتباين الأنابيب الغربالية تباينا كبيرا فى ترتيبها بالنسبة لأنواع الخلايا الأخرى فى اللحاء الثانوى . ففى بعض النباتات ، مثل أجناس ليرودندرون (شكل ١٠٨ أ) والجوزو الزيزفون ، توجد الأنابيب الغربالية فى صفوف أو أشرطة محددة تقريبا ، وفى بعضها الآخر ، كجنس كاريا (شكل ١٠٧ د) ، توجد على هيئة مجموعات منفصلة من ثلاث أنابيب أو أربع ، محاطة بألياف أو أنواع أخرى من الخلايا . وفى جنس سيفا لانثس [٢] (شكل ١٠٧ ج) تبدو الأنابيب الغربالية ، فى القطاعات العرضية للحاء ، مرتبة فى صفوف قطرية تقطعها فى أكثر الأحيان ألياف ، وتلك حالة ليست غير شائعة فى الشجيرات القريبة من النوع العشبى . وفى الحقيقة لايوجد فى النباتات الخشبية ترتيب معين ، بين الأنابيب أو الخلايا الغربالية ، وبين البرنشيمة والاسكلرنشيمة ، فقد يتخذ هذا الترتيب أية صورة تقريبا . وفى اللحاء الثانوى للنباتات العشبية بوجه عام ، لايكون للأنابيب الغربالية ترتيب منتظم (شكل ١١١ أ، ب) ، هذا على الرغم من أنه قد يوجد فى بعض المجموعات النباتية ، كرتبة الشقيقات ، نظام محدد .

وكثيرا ما تتغطى الجدر الجانبية لعناصر الأنابيب الغربالية التى تلاصق أنابيب غربالية أخرى فى اللحاء الثانوى ، ببقع شبكية واضحة (شكل ٥٢ ح ، ق) . وتوجد هذه التراكيب بكثرة فى بعض النباتات الخشبية ، كجنسى الماس

---

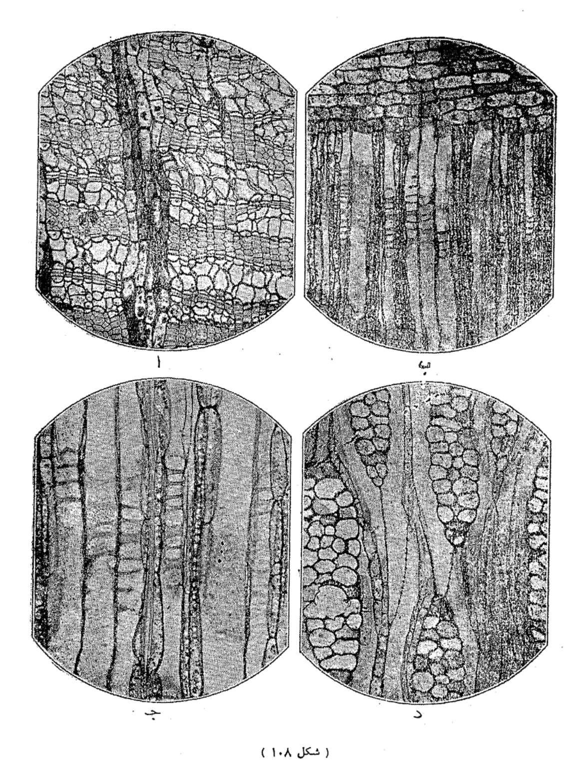
(١) Dirca Palustris

(٢) Cephalanthus



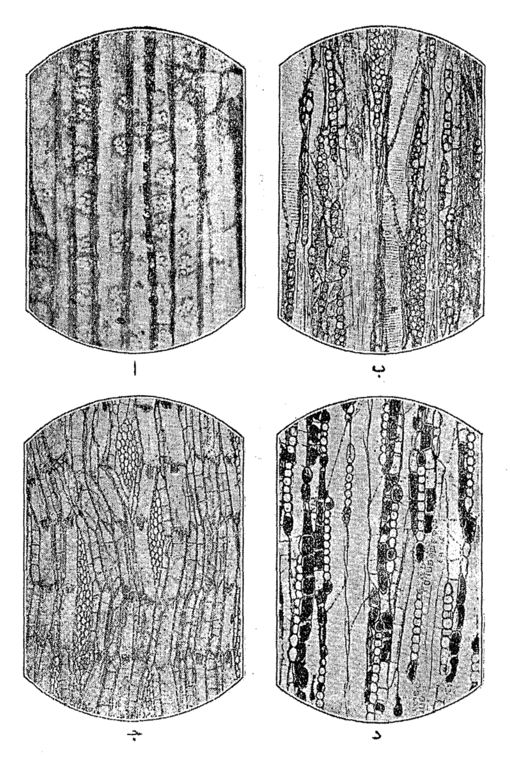
(شكل ١٠٧)

اللحاء الثانوى فى القطاع العرضى ا ــ أحد أنواع جنس الحور ، ب ــ نبات الجوز الاسود ، جـ ــ أحد أنواع جنس سيفا لانثس ، د ــ أحد أنواع جنس كاريا . الجميع × ١٠٠ (عن ماك دانيلز)



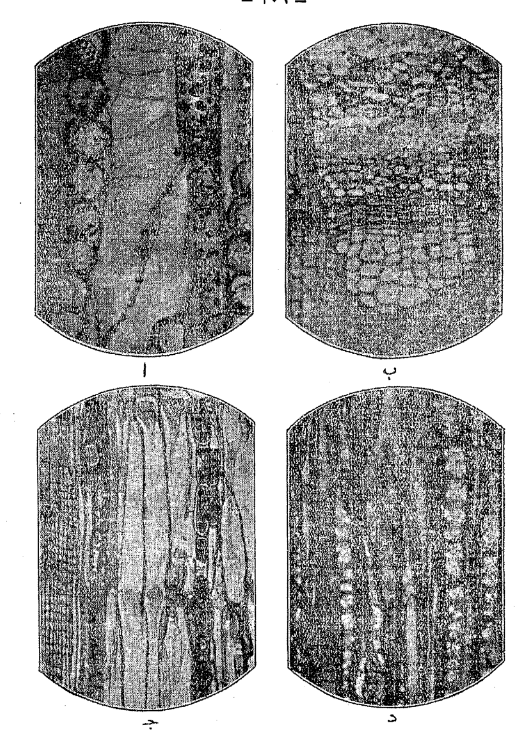
(شكل ١٠٨)

اللحاء الثانوى لجنس ليربودندرون . ا - قطاع عرضى × ١٠٠ ، ب - قطاع قطرى × ٢٠٠ ، د -قطاع مماسى × ١٠٠ (عن ماك دانيلز)



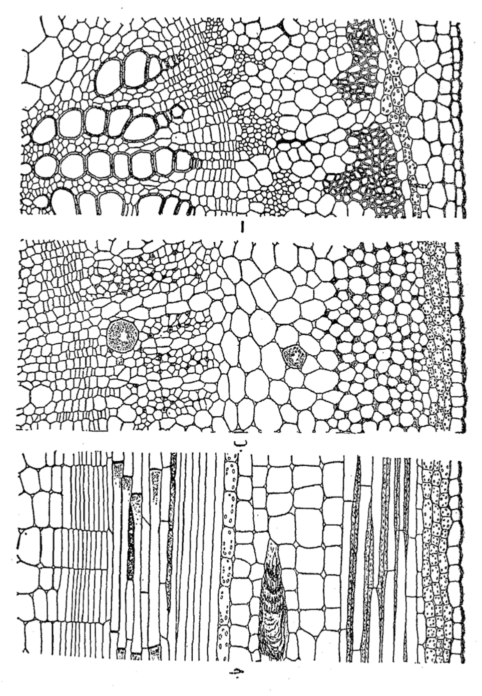
(شكل ١٠٩)

اللحاء الثانوى فى القطاع المماسى . ا ــ أحد أنواع جنس الصنوبر ، × ٢٥٠ ب ، أحد أنواع جنس كاريا ، × ١٠٠ ، جـ ، أحد أنواع جنس روبينيا ، × ١٠٠ ، د ، نبات الصفصاف الاسود ، × ١٠٠



(شكل ١١٠)

أ ـ رقعة شبكية فى منظر سطحى ، وصفيحة غربالية فى قطاع ، كما يبدوان فى جنس الحور ، × ٤٥٠، ب، قطاع عرضى فى منطقة الكمبيوم فى جنس روبينيا ، الكمبيوم فى حالة كمون ، ويوضح القطاع حالة الانطباق فى كل الانابيب الغربالية البالغة × ١٠٠ ، جـ ، قطاع قطرى فى كمبيوم ولحاء جنس النشم ، فى حالة كمون ، ويوجد الكمبيوم الى اليسار فى القطاع ، والانابيب الغربالية ذات الجدر الطرفية العرضية والسدادات المخاطية فى الوسط ، × ١٠٠ ، د ، برنشيمة اللحاء فى جنس القرنوس ، توضح النقر التى تشبه الصفائح الغربالية ، × ٤٥٠



(شكل ١١١)

اللحاء الثانوى فى السوق العشبية ، ا ، جنس البازلاء ، وقطاع عرضى يوضح اللحاء الابتدائى مسحوقا ، ب ، جـ ، نبات البامية . ب ، قطاع عرضى يوضح الخلايا المرافقة (بمحتوياتها البروتوبلازمية) جـ ، قطاع قطرى يوضح الانابيب الغربالية ذات الجدر الطرفية العرضية ، ويقترن بكل أنبوبة غربالية عدة خلايا مرافقة . (هذا الشكل تفضلا من ا . ف . ا . أرتشوييار)

والحور[١] (شكل ١١٠ أ) ، ولكنها قد تكون نادرة أو غير موجودة اطلاقا فى غيرهما من الأجناس . ولا يرتبط وجود البقع الشبكية الواضحة بنوع الأنبوبة الغربالية ، التى تتنوع على أساس زاوية الجدار الطرفى ، فقد توجد البقع الشبكية فى أى نوع منها . ولا تحتوى الأنابيب الغربالية فى اللحاء الثانوى للنباتات العشبية عادة على بقع شبكية ظاهرة .

الخلايا المرافقة : الخلايا المرافقة (شكل ٥٢ ح ، ط ، ق ، ر) غير موجودة فى عاريات البذور ، الا أنها موجودة بوفرة أو بقلة فى جميع أنواع كاسيات البذور . وهى فى بعض النباتات ، مثل جنسى الحور والسولانم[٢] ، ترافق جزءا من الأنابيب الغربالية فقط ، وفى نباتات أخرى ، كجنس الزيزفون مثلا ، تشاهد فى القطاع العرضى من خلية الى ثلاث خلايا مرافقة ، مع كل أنبوبة غربالية . وقد تمتد خلية مرافقة واحدة على طول عنصر الأنبوبة الغربالية الملاصقة لها ، أو يكون هذا الامتداد مقصورا على جزء من طولها فقط ، أو يمتد عدد من خلايا أقصر طولا بجوار عنصر الأنبوبة الغربالية ، ويكون امتدادها أيضا شاملا لطول العنصر كله أو لجزء منه فقط (شكل ١١١ جـ) . وعليه ، فكما يرى فى القطاع العرضى قد لا يكون للأنبوبة الغربالية أية خلية مرافقة ، أو يرافقها من خلية واحدة الى عدد من الخلايا ، كل واحدة منها قد تكون بدورها عضوا فى صف رأسى من الخلايا المرافقة . ويمكن عادة تمييز الخلايا المرافقة بسهولة فى القطاعات العرضية اللحاء ، نظرا لما تبدو به كخلايا صغيرة مثلثة الشكل أو مستديرة ، توجد عند أركان الأنابيب الغربالية (شكل ١٠٧ أ) ، وهذان النوعان من الخلايا يحددان معا الخلية الوالدة اللذين نشآ منها . وقد تمد الخلايا المرافقة فى بعض النباتات كخلايا ضيقة حول عرض الأنبوبة الغربالية بأكمله . وفى اللحاء الثانوى للنباتات العشبية ، حيث الأسطوانة الوعائية جيدة التكوين ، كما فى جنسى لوبيلية[٣] وسولانم ، يكون من الصعب تمييز الخلايا المرافقة نظرا لصغر حجم عناصر اللحاء كلها فى هذا الطراز من النباتات . أما فى النباتات التى تكون أسطواناتها الوعائية أقل تميزا فى تكوينها ، كجنسى القرع[٤] والشقيق ، فان الخلايا المرافقة تكون بارزة ومن الكبر بحيث يمكن تمييزها بسهولة . والخلايا المرافقة ليست على درجة كبيرة من التنوع ، ويكون تباينها فى الطول عادة .

---

(١) Populus

(٢) Solanum

(٣) Lobelia

(٤) Cucurbita

برنشيمة اللحاء : توجد الخلايا البرنشيمية فى اللحاء الثانوى لكل النباتات (فيما عدا الأنواع العشبية المتطرفة حيث كمية اللحاء الثانوى صغيرة) ، وبعض الكروم ، والأنواع الخشبية لبعض الأجناس والفصائل ، التى تغلب عليها الصفة العشبية . وتتفاوت نسبة الخلايا البرنشيمية فى مدى واسع . ففى عاريات البذور ، تكون الخلايا البرنشيمية قليلة نسبيا ، اذا قورنت بعدد الخلايا الغربالية ، وتلك حالة ثابتة تقريبا فى كل الأنواع . أما فى كاسيات البذور فالتنوع فيها كبير . فاللحاء الثانوى فى البادرات والفروع الصغيرة لذوات الفلقتين الخشبية يتكون الى درجة كبيرة من الخلايا البرنشيمية ، غير أنه فى الحالة الأكثر نضجا ، تكون نسبة هذه الخلايا أقل بكثير . وفى بعض النبـاتات ، كجنس كاريا وروبينيا ، يوجد قليل من الخلايا البرنشيمية فى اللحاء الثانوى للسوق المسنة ، وفى نباتات أخرى ، كأنواع جنس قرنوس [١] ، قد تسود البرنشيمة . وفى ذوات الفلقتين العشبية ، تكون نسبة الخلايا البرنشيمية أقل عادة — بل أقل بكثير فى أغلب الأحيان — من نسبة الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة . وفى كثير من نباتات الفصيلة المركبة ، تكون نسبة الخلايا البرنشيمية أكبر . وفى بعض الفصائل ، كالفصيلة الشقيقية [٢] ، وبعض أجناس الفصائل الأخرى ، لا توجد خلايا برنشيمية مطلقا ، ويتكون اللحاء كلية من الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة .

ويتفاوت ترتيب الخلايا البرنشيمية فى اللحاء الثانوى كما هو الحال بالنسبة للأنابيب الغربالية . فكما يشاهد فى القطاعات العرضية اللحـاء ، قد توجـد البرنشيمة فى أشرطة مماسية متبادلة مع أشرطة من الأنابيب الغربالية والألياف ، وذلك كما فى جنس ليريودندرون (شكل ١٠٨ أ) والزيزفون ، أو فى صفوف قطرية ، كما فى جنسى قرنوس والبيلسان [٣] ، أو توجد منفردة أو فى مجموعات من خلايا قليلة ، كما فى جنس الصنوبر ، أو متجمعة الى حد ما حول الأنابيب الغربالية ، كما فى جنس الكاريا (شكل ١٠٧ د) . وفى القطاع الطولى ، تشاهد الخلايا مكونة صفوفا رأسية موازية للأنابيب الغربالية (شكل ١٠٩ جـ ، د) .

وطرز الخلايا المكونة لبرنشيمة اللحاء الثانوى متنوعة الى درجة كبيرة . ويمكن بسهولة دراسة هـذه العناصر ، اذا أخذنا فى الاعتبار تكوينهـا من الكمبيوم

---

(١) Cornus

(٢) Ranunculaceae

(٣) Sambucus

(الفصل السادس) . وينخلص ما سبقت الاشارة اليه فى أن خلايا اللحاء البرنشيمية تتكون مباشرة من خلاياها الوالدة ، التى تتكون بدورها من الخلايا الكمبيومية . وقد تتحول المشتقة الكمبيومية مباشرة الى خلية برنشيمية ، أو — وهذا ما يحدث فى أغلب الأحيان — تنقسم انقساما عرضيا مكونة خليتين أو أكثر. وعلى ذلك ، فان خلايا اللحاء البرنشيمية — كما ترى فى القطاع الطولى — قد تكون مستطيلة ومذببة الطرفين ، مماثلة فى ذلك الخلية الكمبيومية التى نشأت منهـا ، أو تكون قائمة الزوايا أو اسطوانية ، متدرجة من البالغة الاستطالة الى القصـيرة الاسطوانية أو المكعبة تقريبا . والنوع الأول — ويطلق عليه أحيانا « خلايا كمبيومية الشكل » — ليس شائعا فى اللحاء الثانوى للنباتات الخشبية ، ولكنه يوجد بوجه عام فى اللحاء الابتدائى ، وفى الأنواع العشبية ، وبوجه خاص فى الكروم كجنس القرع . أما الخلايا البرنشيمية التى تتكون بالانقسام العرضى للخلية البرنشيمية الوالدة فشائعة الوجود فى اللحاء الثانوى لكل أنواع النباتات والخلايا الناتجة فى ختام ذلك الانقسام تبقى مذببة عند أحد طرفيها .

وفى كثير من كاسيات البذور الخشبية يوجد فى أغلب الأحيان فى النسيج الواحد نوعان أو أكثر من برنشيمة اللحاء متميزان فى الشكل والوظيفة . ففى نبات الزيزفون الأمريكى[١] مثلا ، يكون أحد أنواع الخلية البرنشيمية مسـتطيلا ، ومنقرا بغزارة ، ومرتبطـا عادة بالأنابيب الغربالية ، أما النوع الآخر فقصير ، وعريض ، وليس به على ما يبدو بروتوبلازم نشط ، ويحتوى عادة على بلورات كبيرة . وفى نباتات خشبية أخرى ، كجنس روبينيا ، تكون الخلايا البرنشيمية قصيرة وعريضة بانتظام ، وذات جـدر رقيقة ، ونقر كثيرة . وبرنشيمة اللحاء الثانوى فى النباتات العشبية ليست متنوعة كتنوعها فى النباتات الخشبية . فمعظم خلاياها رقيقة الجدر ، مستطيلة ، وقائمة الزوايا أو مستديرة فى القطاع العرضى (شكل ١١١ أ ، جـ) .

ألياف اللحاء واسكلريداته : يعد وجود الخلايا الاسكلرنشيمية ، بأى من أنواعها ، من المظاهر المميزة للحاء الثانوى فى كثير من النباتات . وتعتبر الألياف شائعة الوجود ، وهى متنوعة فى الشكل والترتيب . وتوجد فى أكثر الأحيان على هيئة أشوطة مماسية محددة ، كما فى جنس ليريودندرون (شكل ١٠٨ أ) والحور .

(١) Tilia americana

وفى أجناس أخرى توجد منفردة ، كما فى جنس سيفا لانثس (شكل ١٠٧ جـ) . وفى بعض النباتات الخشبية التى تحتوى على قلف صلد ، كجنس كاريا (شكل ١٠٧ د) ، تكون الألياف الجزء الأكبر من اللحاء الثانوى ، وقد تحيط بالأنسجة الرخوة . وعندما توجد الألياف بكثرة ، فانها تدعم الساق تدعيما آليا كبيرا . وتعزى صلادة الأغصان فى جنس دركا ، بدرجة كبيرة ، الى الياف اللحاء .

وفى عاريات البـــذور ، توجـــد كل الحالات من الافتقار التـــام للخلايا الاسكلرنشيمية ، كما فى لحاء أحد أنواع جنس الصنوبر ، الى الأشرطة المماسية جيـــدة التكوين من الألياف ، كمـــا فى جنس العرعر [١]، والكتل الكبيرة من الاسكلريدات كما فى جنس تسوجا[٢] . وفى أحد أنواع جنس توية [٣]، تترتب الألياف فى صفوف مماسية أحادية الخلية ، متبادلة مع صفوف من الخلايا الغربالية والبرنشيمية .

وتوجد الاسكلريدات كثيرا فى اللحاء الثانوى ، اما منفردة أو مختلطة مع الأليـــاف . ففى بعض النباتات ، مثل جنسى الشـــنار[٤] والزان [٥]، تكـــون الاسكلريدات هى النوع الوحيد من الخلايا الاسكلرنشيمية الموجودة فى اللحاء . وفى اللحـــاء النشيط ، لا توجد الاسكلريدات بغزارة كالألياف ، غير أنه عندما يفقد اللحاء قدرته على التوصيل ، تزداد الاسكلريدات غالبـــا فى العدد بتحول الخلايا البرنشيمية . وفى لحاء النباتات الخشبية الأكبر سنا ، الحى ، وان كان على الأرجح لا يقوم بوظيفة التوصيل ، قد توجد الاسكلريدات ، وتمثل تنوعا كبيرا فى الشكل والترتيب . وســـنعود لدراسة وجود الاسكلريدات فى اللحـــاء عند تناولنا لموضوع اندثار هذا النسيج .

أشـــعة اللحاء : توجد الأشعة عادة فى الأنسجة الوعائية المتكونة من الكمبيوم ولا تكون الأشعة الوعائية الحقيقية غير موجودة ، الا فى الأنواع العشبية المختزلة وبعض الكروم المتخصصة ، مثل جنس كليماتس ، حيث الأنسجة الثانوية ضئيلة الكمية . وتنشأ الأشعة الوعائية من الكمبيوم ، وتتكون الى الداخل والى الخارج منه ، مع الخشب واللحاء الثانويين التى تكون جزءا منهما . ومن ثم فان تنوع

---

(١) Juniperus

(٢) Tsuga

(٣) Thuja occideatalis

(٤) Planatus

(٥) Fagus

الأشعة الوعائية الموجودة فى اللحاء الثانوى ، يكون كبيرا كتنوع الأشعة فى الخشب الثانوى . وتختلف الأشعة اللحائية فى العرض والارتفاع ، كما هى الحال فى الأشعة الخشبية ، كما أنها تكون نفس النسبة فى النسيج . فقد يكون عرضها خلية واحدة ، كما فى جنسى الكستناء والصفصاف[١] (شكل ١٠٩ د) ، أو خليتين أو ثلاث ، كما فى نبات التفاح ، أو عديد الخلايا ، كما فى جنس روبينيا وليريو دندرون (شكل ١٠٨ د) ، أو قد توجد أشعة مختلفة العرض فى النوع الواحد من النباتات . ففى البلوط يوجد طرازان من الأشعة ، أحدهما عريض جدا والآخر أحادى الصف . والأشعة اللحائية ، فى العادة ، تكون منتظمة الاتساع من أولها الى آخرها . وقد تزداد فى العرض ناحية الخارج ، وتنشأ الزيادة من تضاعف الخلايا أو زيادتها فى الحجم تجاه الجزء الخارجى من الشعاع . وهذا من شأنه أن يسهم جزئيا فى مواجهة الزيادة فى محيط اللحاء الناتجة من الزيادة فى قطر المحور . والأشعة اللحائية التى تزداد فى الحجم فى طرفها القصى ، توجد بوجه خاص فى فروع بعض الأجناس ، كجنس الزيزفون . والاتساع الرأسى للشعاع داخل اللحاء ، يكون على درجة من التنوع كعرضه ، فهو يتراوح من خليتين أو ثلاث ، كما فى جنس ثوية ، الى ثمانى أو عشرة سنتيمترات ، كما فى أشعة البلوط العريضة وتوجد أحيانا الأشعة ، التى تتكون من صف واحد من الخلايا والخلايا الحافية ، التى تختلف فى الشكل والتنقير والمحتويات عن خلايا الشعاع الأخرى ، وان كانت برنشيماتية ، توجد فى بعض النباتات ، كما فى جنس الصفصاف ونسه[٢] .

وتوفر الأشعة مرتبط جزئيا بحجمها . فالأشعة العريضة تكون متباعدة بعضها عن بعض أكثر من الأشعة الضيقة . ففى النباتات الخشبية القريبــة فى التركيب من النوع العشبى ، كجنس سيفالانثس مثلا ، تشاهد الأشعة فى القطاع العرضى اللحاء (شكل ١٠٧ ج) منفصلة بصف واحد فقط أو بصفين من الأنابيب الغربالية أو الخلايا البرنشيمية . وباستثناء الأشعة الكبيرة ، التى توجد فى بعض الفصائل ، تتميز النباتات العشبية بأشعة أحادية الصف ، يبعد بعضها عن بعض ، بمسافات قصيرة . وفى الأعشاب ذات النسيج الوعائى المختزل ، تكون الأشعة قد اختزلت فى أثناء التطور الارتقائى ، وقد تختفى فى بعض الأنواع .

---

(١) Salix

(٢) Nyssa

وخلايا الشعاع اللحائى تكون فى الجزء الأكبر منهما متناسقة النوع . ففى النباتات الخشبية يكون النوع الشائع — كما يرى فى القطاع العرضى — قائم الزوايا ومستطيلا فى الاتجاه القطرى . وفى النباتات نصف العشبية والعشبية تميل الخلايا ، الى أن تصبح مكعبة أو كروية . وتشاهد الأنواع الانتقالية كثيرا فى الشجيرات ، كجنس سيفانثس ، وفى الأعشاب « الخشبية » ، كجنس الغافث ورجل الوزه[1] . وفى تلك النباتات تشبه خلايا الشعاع اللحائى برنشيمة اللحاء الى درجة كبيرة ، ولا يمكن تمييزها منهـا الا بدراسة صفوف الخلايا فى الاتجاه الخلفى الى الكمبيوم والى أشـعة الخشب أيضا . وخلايا الشـعاع اللحـائى برنشيماتية كلها ، وتحتوى على بروتوبلازم نشيط . وبتقدم العمر الكثير من هذه الخلايا الى اسلكريدات .

وثمة نوع خاص من الخلايا الشعاعية هو المعروف بالخلية الزلالية فى عاريات البذور . وتقع هذه الخلايا الزلالية عند الحواف العليا والسفلى للأشعة اللحائية ، وهى تختلف عن خلايا الشعاع العـادية تركيبيا وفسيولوجيا . فمن النـاحية التركيبية ، تختلف هذه الخلايا من خلايا الشعاع العادية فى كونها متصلة مباشرة بالخلايا الغربالية بوساطة مساحات غربالية ، وفى كون قطرها الرأسى أكبر بكثير من خلايا الشعاع العادية ، كما أنها لا تحتوى على نشا . وهذه الخلايا وثيقة الارتباط فى تكوينها بالخلايا الغربالية ، وتحتفظ ببروتوبلازمها طالما كانت الخلايا الغربالية المتصلة بها قائمة بوظيفتها . (وتبقى الخلايا الشعاعية الملاصقة لها حية طالما بقى النسيج المحيط حيا) . وفى الوقت الذى تتكون فيه وسائد الكالوس ، داخل الخلايا الزلالية ، فوق مناطق الاتصال الغربالية الشكل ، التى تربطهـا بالخلايا الغربالية ، تتغطى المساحات الغربالية فى الخلايا الغربالية نفسها بوسائد مماثلة . أما من الناحية الفسيولوجية ، فهى على ما يبدو مرتبطة ارتباطا وثيقا بالخلايا الغربالية ، ويعتقد أنها تؤدى وظيفة تماثل كثيرا ما تقوم به الخلايا المرافقة فى كاسيات البذور . والخلايا الزلالية فى مشابهتها فى الموضع واختلافها فى الوظيفة عن الخلايا الشعاعية الأخرى تماثل قصيبات الشعاع الخافية فى الخشب . وثمة خلايا تحاكى الخلايا الزلالية فى مظهرها وموضعها توجد فى الأشعة اللحائية لبعض

---

(1) Potentilla

ذوات الفلقتين الخشبية ، كجنس نسة وقرنوس ، وهى على أية حال لا تكافىء الخلايا الزلالية فى الوظيفة .

الحلقات الموسمية فى اللحاء : سبق أن ذكرنا أن أنسجة اللحاء الثانوى تترتب فى أكثر الأحيان فى أشرطة مماسية محدودة . وغالبا ما يكون لتلك الطبقات من النسيج مظهر الحلقات السنوية . وهذه الأشرطة الشبيهة بالحلقات ليست على أية حال ذات فواصل موسمية محددة ، كتلك الموجودة فى الخشب الثانوى ، وذلك لأنه لا يوجد تميز واضح بين الخلايا اللحائية المتكونة فى الجزء المبكر من فصل النمو وتلك التى تكونت فى الجزء المتأخر منه على نسق ما يشاهد من تباين بين الخشب المتأخر . وبالاضافة الى ذلك فان خلايا الخشب التى تتكون مؤخرا من الكمبيوم فى فصل ما تصل الى مرحلة البلوغ الكامل وتتلجنن قبل توقف النمو . وعلى النقيض من ذلك تتكون عادة فى نهاية فصل النمو على الجانب اللحائى للكمبيوم عدة صفوف من خلايا لم يكتمل تميزها ، ولكنها تبقى كامنة حتى يتجدد النمو ، وعندئذ تبلغ مكونة نسيجا عاديا . وعليه فليس من الممكن عادة رسم خط بين الخلايا المتكونة فى فصلين متتابعين . وقد توجد تكونات موسمية من الأشرطة الاسكلرنشيمية ، غير أنه ليس من المعروف أن هناك أى ثبوت أو بقاء لذلك النمو . وفى الحقيقة يبدو أن عدد هذه الأشرطة الاسكلرنشيمية وعرضها يتوقفان على العوامل البيئية وقوة النمو . وفى نباتات المناطق الاستوائية تتكون طبقات جديدة من اللحاء والخشب مع كل « فورة » نمو جديد ، غير أن هذه الطبقات ليست بوجه عام متميزة تميزا يقارن بالحلقات السنوية التى تتكون فى نباتات المناطق المعتدلة .

وظيفة اللحاء الثانوى : وظيفة اللحاء الثانوى هى ، بوجه عام ، تلك التى سبق ذكرها فى الفصل الرابع ، كوظيفة اللحاء كله . واللحاء الثانوى ، من الوجهة الوظيفية ، نسيج معقد ترتبط معظم أجزائه بعضها ببعض بطريقة معينة . فالأنابيب الغربالية ، والخلايا المرافقة ، وبعض الخلايا البرنشيمية مهيأة تركيبيا للتوصيل الرأسى ، على حين تهيىء الأشعة اللحائية وسيلة للانتقال الأفقى من الخشب والكمبيوم واليهما . وفى عاريات البذور ، تكون الخلايا الغربالية فى العادة منقرة تنقيرا غزيرا مع غيرها من الخلايا الغربالية والخلايا الزلالية فقط . وتوجد الطرز المختلفة من البرنشيمة المختصة بالتوصيل فى أغلب الأحيان ملاصقة

للأنابيب الغربالية التى تنفصل عنها بجدار رقيق فقط . وهذه الخلايا البرنشيمية ليست منقرة تنقيرا ظاهرا مع الأنابيب الغربالية أو الخلايا المرافقة ، هذا على الرغم من أنها تكون عادة منقرة بغزارة مع بعضها البعض على كل من الجـدر القطرية والعرضية . وفى بعض النباتات الخشبية ، كجنس كستنيا وقرنوس مثلا ، تتجمع النقر فى هذه الخلايا بطريقة ترجح بشـدة تكون المساحات الغرباليـة (شكل ١١٠ د) . وخلايا الشعاع اللحائى تكون فى أكثر الأحيان منقرة مع هذا النوع من الخلايا البرنشيمية . واللحاء فى جملته مختص بتوصيل المواد الغذائية المجهزة ، من بروتينية وكربوايدراتية ، ومن المحتمل أن يشمل ذلك مواد التغذية المعدنية أيضا . وليس من المعروف على وجه التحـديد أى المواد ينتقل داخل الأنابيب الغربالية ، وأيهما ينتقل خلال الخلايا البرنشيمية . غير أنه بالنظر الى أن نسبة الخلايا البرنشيمية الى الأنابيب الغربالية والخلايا الغربالية ، تتفاوت تفاوتا كبيرا ، وأن تنقيرها قد يكون شبيها بالمساحات الغربالية ، كما أن الأنابيب الغربالية تكون قليلة أو غير موجودة فى بعض الأحيان ، كما فى الحزم الوعائيـة الصغيرة فى الأوراق ، وفى اللحاء الابتدائى فى بعض النباتات الخشبية فانه يمكن القول بأن البرنشيمة فى بعض الحالات قد تؤدى وظيفة الأنابيب الغربالية أو أن وظائف هذين النوعين من الخلايا قد تكون قابلة للتبديل .

وثمة وظيفة أخرى لبرنشيمة اللحاء ، هى ادخار البلورات ، والنشا ، ومختلف المواد العضوية . ويحدث هـذا الادخار فى خلايا برنشيمية متخصصة تختلف عن الخلايا البرنشـيمية غزيرة النقر فى كونها عادة كبيرة القطر نوعا ولا تحتوى على نقر ظاهرة . أما خلايا الأشعة اللحائية فتكون غالبا محملة بالنشا فى أثناء فصل الكمون . ويتضح ذلك بوجه خاص فى الجذور حيث الأشعة اللحائية كبيرة نسبيا فى العادة . ويبدو أن وفرة هذا النوع من البرنشيمة فى الجذور مرتبط بصغر كمية الاسكلرنشيمة أو انعدامها . والخلايا البرنشيمية الخازنة للبلورات توجد عادة بالقرب من الألياف ، حيث قد تكون صفوفا ممتدة امتدادا كبيرا وقد تغلف أشرطة الألياف . وثمة خلايابرنشيمية متخصصة تحتوى على افرازات مختلفة توجد بكثرة فى اللحاء الثانوى لبعض النباتات (شكل ١١١ ب) ، فى كل من المجموعة الرأسية والأشعة .

توقف وظيفة اللحاء : الحياة الوظيفية للحاء الثانوى — على الأقل بالنسبة للخلايا والأنابيب الغربالية ، والخلايا المرافقة — قصيرة اذا قورنت بالخشب الثانوى . ففى كثير من النباتات الخشبية تؤدى الأنابيب والخلايا الغربالية وظيفتها لفصل نمو واحد أو أقل ، وفى بعض الأشجار الاستوائية يكون ذلك « لفورة » نمو واحدة . وفى أنواع أخرى من النباتات ، وفى الجذور فى أغلب الأحيان ، قد تنشط هذه الخلايا لفترة أطول ، وان كان ذلك لا يزيد عن سنتين الا نادرا . أما برنشيمة اللحاء وخلايا الأشعة اللحائية — فيما عدا الخلايا الزلالية الحافية فى عاريات البذور — فتبقى حية عادة ، ويستمر ذلك فى الظروف العادية لوقت طويل بعد فقد الأنابيب الغربالية لبرتوبلازمها . وانقطاع الوظيفة فى اللحاء الثانوى يمكن من بعض الوجوه مقارنته بتكوين الخشب الصميمى فى الخشب ، غير أن اللحاء يتمدد باستمرار ، وينسحق ، ويتمزق بسبب الزيادة فى المحيط وضغط النمو الكمبيومى ، وتسقط طبقاته الخارجية نتيجة التقلبات الجوية والتقشر . ويبدو أن توقف النشاط فى النسيج بأكمله يتم تدريجيا ، ويكتمل فقط عندما تتكون طبقات البريدرم داخله ، مسببة حرمان الخلايا الخارجية كلها من الغذاء والماء اللذين يردان اليهما من الأنسجة الداخلية .

والوقت المحدد لتوقف الوظيفة فى الأنابيب والخلايا الغربالية موضع شك . ويعتقد بوجه عام ان هذه الخلايا تبدأ فى تأدية وظيفتها من وقت اختفاء النواة حتى يختفى البروتوبلازم . وقد كان الرأى معقودا على أن الحياة الوظيفية للأنبوبة أو الخلية الغربالية تنتهى بانحلال النواة ، الا أن الكثير من الأدلة لا تؤيد هذا الرأى .

وترتبط الحياة الوظيفية للأنبوبة الغربالية ارتباطا وثيقا بتكوين وسائد الكالوس فوق الصفائح الغربالية . ففى الكثير من النباتات تترسب هذه الوسائد فى نهاية فصل النمو ، ومن ثم تنغلق الأنبوبة الغربالية فى أثناء كمون النبات ، ومع استئناف النمو فى الربيع ، تذوب الوسائد ، وتعود الأنبوبة الغربالية ثانية لتأدية وظيفتها . وفى نباتات أخرى ، وبخاصة الأنواع العشبية ، يكون انسداد الثقوب الغربالية بالكالوس معلنا توقف الخلية الدائم عن تأدية وظيفتها .

ويعلن اختفاء البروتوبلازم من الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة — دون شك — عن توقف الوظيفة فى هذه الخلايا . وفى كثير من الأجناس ، كأجناس

روبينيا والبلوط والكمثرى ، يصحب هذا التوقف عن تأدية الوظيفة — أو يعقبه — سحق الأنابيب الغربالية وانبساطها . وينشأ هذا التلف فى الخلايا — انطباق الجدر القطرية واندثار التجاويف — نتيجة ضغط الأنسجة الداخلية النامية على الخلايا الحاوية غير الملجننة . وقد يكون سحق الأنابيب الغربالية كاملا لدرجة ان مجموعة أو طبقة من تلك الخلايا تصبح ممثلة بشريط غير منتظم من مادة الجدار التى فقدت تركيبها . وقد يختفى هذا الشريط سريعا فى بعض الأجناس نتيجة الامتصاص . ويوصف عادة سحق الأنابيب الغربالية واختفاؤها بأنه اندثار لهذه الخلايا .

وفى اللحاء الكامن لكثير من النباتات ، كأحد أنواع كل من أجناس الصنوبر وروبينيا [١] وكليماتس [٢] ، لا يوجد غير شريط ضيق من نسيج يحتوى على أنابيب غربالية كاملة . أما خارج هذه المنطقة فان كل الأنابيب الغربالية الموجودة تكون غير قائمة بالوظيفة بل منسحقة . ومن الممكن الا يكون هناك أنبوبة غربالية بالغة واحدة لم تنسحق (شكل ١١٠ ب) . وفى نباتات أخرى ، كجنس الزيزفون والحور ، قد لا تنسحق الأنابيب الغربالية التى تبعد كثيرا عن الكمبيوم ، الا ان تلك الأنابيب تكون قد فقدت محتوياتها ، ومن ثم توقفت عن تأدية وظيفتها . وفى نباتات أخرى ، كجنس الصفصاف مثلا ، لا تنسحق الأنابيب الغربالية فى أى وقت بل تبقى عادية فى الحجم والشكل حتى بعد تكون طبقات البريديرم التى تفصلها عن الأنسجة الحية الداخلية . ومن المشكوك فيه أن الأنابيب الغربالية فى ذوات الفلقتين الخشبية تصبح ملجننة بتقدم اللحاء فى العمر وذلك كما يحدث لكثير من الخلايا البرنشيمية المحيطة .

والتغيرات التى تحدث فى اللحاء بتقدمه فى العمر على درجة كبيرة من التنوع فى تفاصيلها الصغيرة فى الأنواع المختلفة من النباتات ، الا أنها بوجه عام تتضمن تقريبا نفس الظواهر . فقد يتلجنن معظم أو كل برنشيمة اللحاء والخلايا الشعاعية فى آن واحد مع موت الأنابيب الغربالية أو يكون ذلك عقب موت الخلايا مباشرة. وتتكون البلورات المتجمعة وغيرها باعداد كبيرة فى الخلايا البرنشيمية والاسكلرنشيمية حديثة التكوين . وتتكون البلورات فى كثير من النباتات فى الخلايا البرنشيمية رقيقة الجدر التى توجد بجانب الألياف وتغلفها أغلب الأحيان

---

(١) Robinia Pseudo - Acacia   (٢) Clematis virginiana

(شكل ٩ ن) . وقد تترسب فى البرنشيمية فى هذا الوقت بالاضافة الى ذلك ، اصماغ وتانين وراتنج . وفى السوق العشبية الحولية ، قد يبقى اللحاء الثانوى قائما بالوظيفة طول حياة الساق أو على الأقل الى أن تنضج البذرة . وتحدث فى ذلك النسيج تغيرات قليلة ، غير أنه فى بعض نباتات الفصيلة المركبة تتلجنن برنشيمة اللحاء بالقرب من نهاية فصل النمو .

وتختلف طريقة تكون الاسكلريدات، ومدى ما يتكون منها فى اللحاء الثانوى الخارجى . ففى النباتات الخشبية ، كجنس الزان والشنار ، تتحول كل الخلايا تقريبا ، فيما عدا الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة ، تتحول الى اسكلريدات ، ومن ثم يكون القلف صلدا ولكنه هش ، وتكون الألياف فى هذه الاجناس قليلة أو منعدمة .وفى كثير من الأشجار ، كجنس البلوط يوجد خليط من الاسكلريدات والألياف فى اللحاء الثانوى القديم . وفى أكثر الأحيان تتلجنن الاشعة اللحائية عند أطرافها الخارجية ، أى بتقدم الخلايا فى العمر . وفى البلوط تتلجنن خلايا الاشعة اللحائية العرضية وهى ما زالت حديثة وقريبة من الكمبيوم . وفى جنس الجوز وأجناس أخرى كثيرة ، لا تتكون اسكلريدات ، ويتكون اللحاء الخارجى الى درجة كبيرة من الألياف . وتكون الزيادة فى نسبة الاسكلرنشيمة فى اللحاء الخارجى فى بعض الأنواع واضحة جزئيا فقط ، وتعزى الى انطباق الأنسجة الرخوة أكثر منها الى تلجنن خلايا اضافية .

القيمة الاقتصادية اللحاء الثانوى : كانت ألياف اللحاء الثانوى فيما سبق تستخدم تجاريا لدرجة كبيرة ، وما يزال لها بعض الأهمية . فاللحاء الثانوى لعدد من أشجار وشجيرات فصائل الخبازية والزيزفونية والتوتية وغيرها ، كان مصدر الألياف اللحائية فى الأغراض الاقتصادية لعدة قرون . فنسيج « التابا » بجزر الياسفيك الاستوائية يتكون أساسا من الألياف اللحائية . وللحاء منافع أخرى ، فهو يعد مصدرا للتانين ، كما فى قلف نباتات البلوط والكستنيا والشوكران[١].

---

(١) Hemlock

كما أنه — بالاضافة الى القشرة — يستغل كمصدر لبعض التوابل والعقاقير كالقرفة والكينين . وتوجد القنوات الافرازية بكثرة فى معظم الأحيان فى اللحاء ، وقد تكون الافرازات ذات قيمة اقتصادية كبيرة ، وذلك كالمطاط الذى يستخرج من اللبن النباتى لجنس هفيا وغيرها من الأجناس ، وكالمواد الراتنجية المتنوعة ، كمضغ الكاورى الذى يستخرج من جنس الأجاث ، وصمغ التنوب من جنس بيسيا [1] .

---

(1) Picea

REFERENCES — المراجع

ABBE, L. B., and A. S. CRAFTS: Phlœm of white pine and other coniferous species, *Bot, Gaz.*, **100**, 695-722, 1939.

CHAUVEAUD, G. L.: L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9 sér., **13**, 113-438, 1911.

——: Recherches sur le mode de formation des tubes criblés dans la racine des dicotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 8 sér., **12**' 333-394, 1900.

CHEADLE, V. I., and N. B. WHITFORD: Observations on the phlom in the Monocotyledoneae, I. The occurrence and phylogenetic specialization in the structure of the sieve tubes in the metaphloem, *Amer. Jour. Bot.*, **28**, 623-628, 1941.

CURTIS, O. F.: "The Translocation of Solutes in Plants," New York, 1935.

DE BARY, A.: " Comparative Anatomy of the Vegetative Organs of the Phanerogams and Ferns, " 1877. Engl. ed. 1884.

ESAU, K.: Ontogeny and structure of the phloem of tobacco, *Hilgardia,* **2**, 343-424, 1938.

——: Development and structure of the phloem tissue, *Bot. Rev.*, **5**, 373-432, 1939.

HEMENWAY, A. F.: Studies on the phloem of the dicotyledons, I. Phloem of the Juglandaceae, *Bot. Gaz.*, **15**, 131-135, 1911.

——: Studies on the phloem of the dicotyledons, II. The evolution of the sieve tube, *Bot. Gaz.*, **55**, 236-243, 1913.

HILL, A. W.: Histology of the sieve tubes of Pinus, *Ann. Bot.*, **15**, 576-611, 1901.

——: The histology of the sieve tubes of angiosperms, *Ann. Bot.*, **22**, 245-290, 1908.

HUBER, B.: Das Siebröhrensystem unserer Bäume und seine jahreszeitlichen Veränderungen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **88**, 176-242, 1939.

JANCZEWSKI, DE E.: Études comparées sur les tubes cribreux, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **14**, 50-166, 1882.

LECOMTE, H.: Contribution a l'étude du liber des angiospermes, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **10**, 193-324, 1889.

LÉGER, L. J. : Recherches sur l'orgine et les transformation des éléments libériens, *Mém. Sec. Linn. Normandie,* **19,** 51-182, 1897.

MACDANIELS, L. H. : The histology of the phloem in certain woody angiosperms, *Amer. Jour. Bot.,* **5,** 347-378, 1918.

PERROT, É. : " Le Tissue Criblé, " Paris, 1899.

POIRAULT, G. : Recherches anatomiques sur les cryptogames vasculaires, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 7 sér., **18,** 113-256, 1893.

RUSSOW, E. : Sur la structure et le développement des tubes cribreux, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 6 sér. **14,** 167-215, 1882.

SCHMIDT, E. W. : " Bau und Funktion der Siebröhre der Angiosperme, " Jena, 1917.

STRASBURGER, E. : " Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen, " Histologische Beiträge III, Jena, 1891.

WILHELM, K. : " Beiträge zur Kenntniss des Siebröhrenapparates dicotyler Pflanzen, " Leipzig, 1890.

WILSON, C. L. : Lignification of mature phloem in herbaceous types, *Amer. Jour. Bot.,* **9,** 239-244, 1922.

الفصل التاسع

البريدرم والانفصال

البريدرم

تتميز جميع النباتات ، باستثناء النباتات المائية المغمورة ، بوقاية أنسجتها الحية من الجفاف . ففى النباتات التى تنمو نموا ابتدائيا فقط ، تتوفر مثل هذه الوقاية عن طريق الأدمة وتكوين البشرة ، وأحيانا تحت البشرة ، أو القشرة الخارجية ، كما هو مبين بالفصل الثانى . أما فى النباتات ذات النمو الثانوى ، فان أنسجة البشرة والقشرة واللحاء أما ان تساير الزيادة الناتجة فى الغلظ أو تتمزق كلها أو بعضها . وتتكون بعد ذلك طبقات واقية جديدة تمنع التأثر بالجفاف . ففى الأنواع العشبية بوجة عام ، وفى بعض الأنواع الخشبية ، تكون مسايرة الغلظ المتزايد بتكوين خلايا جديدة عن طريق الانقسام القطرى ، بالاضافة الى زيادة حجم الخلايا اذ أن خلايا المناطق الابتدائية الخارجية فى النباتات العشبية ، لا تفقد قدرتها على الانقسام غالبا ، الى أن يصل محور النبات الى اكتمال نموه . كما أن انقسام الخلايا فى هذه المناطق فى النباتات الخشبية يستمر الى عام أو أكثر من عام ، كما فى بعض نباتات الاسفندان ، وكورنس [١] . أما فى السوق والجذور المتقدمة السن لمعظم النباتات الخشبية ، فان الأنسجة الخارجية تتمزق وتموت نتيجة للنمو الثانوى ، وتتكون بعد ذلك طبقة واقية جديدة تعرف بالبريدرم .

تركيب البريدرم :

يتركب البريدروم عادة من ثلاث طبقات : الطبقة المنشئة وهى المكونة من خلايا مرستيمية وتعرف بالكمبيوم الفلينى أو الفلوجن ، والطبقة المكونة من هذا المرستيم للخارج ، وتعرف بالفلين ، والطبقة المكونة الى الداخل وتعرف بالفلودرم أو القشرة الثانوية .

(١) Cornus

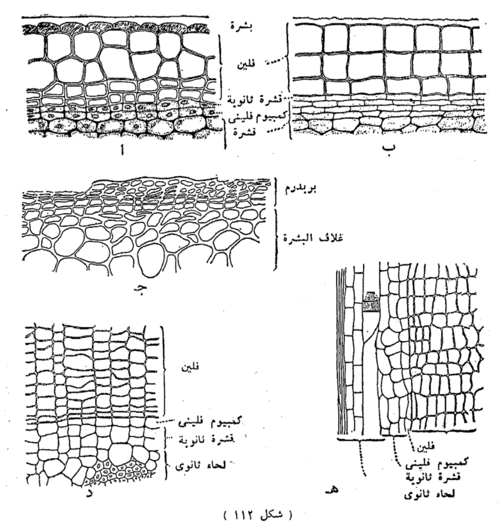
الكمبيوم الفلينى أو الفلوجين :

يعتبر الفلوجين مثلا واضحا للمرستيم الثانوى ، اذ ينشأ من خلايا حية أصبحت مستديمة — بمعنى أنها تميزت وأصبحت خلايا كاملة النمو — فى البشرة أو القشرة أو اللحاء . كما أنه يعتبر مرستيما جانبيا ، اذ أنه يتسبب فى زيادة غلظ المحور بانقسامه باستمرار فى اتجاه مماسى ، معطيا خلايا الى الخارج ، مشابها فى ذلك الى حد كبير الكمبيوم الحقيقى . وخلايا الفلوجين ، لا تختلف كثيرا فى شكلها ، ففى القطاع المماسى ، تظهر كخلايا مضلعة متساوية الأبعاد الى حد ما ، وذلك اذا استثنينا بعض الحالات الخاصة القليلة . وفى المقطع العرضى تبدو هذه الخلايا مستطيلة ومفلطحة فى الاتجاه القطرى (شكل ١١٢ أ ، ب ، د) كما أنها لا تضم بينها مسافات بينية الا فى حالة العديسات .

وتتكون طبقة الفلوجين من خلايا حية بالغة ، تتحول الى خلايا مرستيمية ، مكونة طبقة منشئة من صف واحد من الخلايا . ومثل هذا النشاط المرستيمى يحدث دائما فى نسيج البشرة أو القشرة أو أى نسيج برنشيمى آخر ، حيث تتوفر الخلايا الحية ، وحيث يمكن أن تتكون طبقة واسعة عموديا ومماسيا . وعندما يبدأ تكون الفلوجين فى خلايا البشرة ، تختفى الفجوات المركزية من الخلايا ، وتزيد كمية السيتوبلازم ويصبح أكثر تحببا ، وبعد تكوين هذه الطبقة تحدث انقسامات مماسية متوالية ، كما تحدث انقسامات قطرية أيضا ، ولكن بدرجة أقل ، مثلما يحدث الى حد كبير عند انقسام الكمبيوم الحقيقى ، وتكون الخلايا الناتجة عادة منتظمة فى صفوف قطرية ، كما أن خلايا الفلودرم أو القشرة الثانوية ، أقل انتظاما من خلايا الفلين ، ويكون عدد الصفوف المماسية للخلايا غير المتميزة فى البريدرم أقل من مثيلاتها فى منطقة الكمبيوم أثناء فترة نشاطه . ويرجع ذلك الى أن الخلايا غير الناضجة فى البريدرم ، تكون فى غالب الأحيان هى الخلايا المنشئة وحدها ، اذ أن الخلايا الناتجة من ذلك المرستيم يتم نضجها جميعا قبل حدوث أى انقسام جديد فى الكمبيوم الفلينى .

وتختلف كثيرا نسبة عدد خلايا الفلين الى خلايا القشرة الثانوية المتكونة من الفلوجين باختلاف النبات . ولكن يمكن القول بوجه عام ، أن عدد الخلايا المكونة الى الخارج أى الفلين ، يكون بطبعه أضعاف الخلايا المتكونة الى الداخل ، أى الفلودرم ، فخلايا الفلودرم قد تكون قليلة أو منعدمة . كما قد يحدث فى حالات

نادرة ، أن تكون طبقة الفلودرم أكبر من طبقة الفلين . وفى نبات « بلوط الفلين »



(شكل ١١٢)

ا ، ب ، ج قطاعات عرضية فى الطبقة السطحية . د ، هـ قطاع عرضى وقطاع طولى قطرى لطبقة غائرة (ا) فى غصن نبات الحور : ظهر الفلوجين فى خلايا القشرة الخارجية وكون أربع طبقات من الفلين وطبقة واحدة من الفلودرم . ويبدو الفلين وقد غطى بخلايا البشرة الميتة المتلشة بالتانين . (ب) فى غصن نبات من جنس سولانم : ظهر الفلوجين فى طبقة البشرة وقد تحولت الانصاف الخارجية من خلايا البشرة الى خلايا فلين حقيقية وغطيت بالادمة ولم تتكون فلودرم . (ج) فى ثمرة التفاح : وقد تفككت الخلايا الخارجية مباشرة . وأصبح البريدرم خشنا (د ، هـ) فى اللحاء الثانوى فى نوع من جنس الصفصاف : وفيه تبدو خلايا الفلودرم غير منظمة الى حد ما

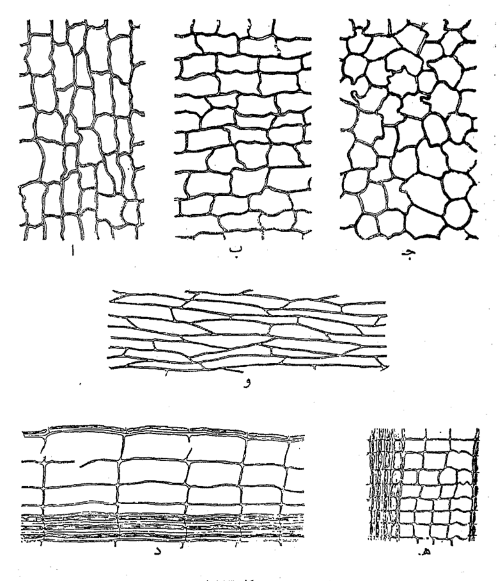
وفى النباتات التى لها سوق مجنحة بالفلين مثل أيونيموس [١] ، وليكيدامبر [٢] والماس [٣] يكون الفلوجين عددا كبيرا من خلايا الفلين الرخو ، وطبقة صغيرة نسبيا من الفلودرم .

---

(١) Euonymus (٢) Liquidamoar (٣) Ulmus

الفلين :

تشبه خلايا الفلين الكمبيوم الفليني الذى تنشأ منه ، وهى خلايا متشابهة فى الشكل متعددة الأضلاع فى القطاع المماسى ، ولكنها ضعيفة فى القطاعات العرضية للساق (شكل ١١٣) أى أن الكمبيوم الفلينى ، لا يعطى أنسجة معقدة التركيب ، كما هى الحال فى الكمبيوم الحقيقى والأنسجة الوعائية المتكونة منه .



(شكل ١١٣)

ا ، ب ، جـ . فلين تجارى من نبات البلوط الفلينى ، فى قطاعات عرضية وقطرية ومماسية على التوالى د ، هـ ، و قلف من نبات التامول فى قطاعات عرضية وقطرية ومماسية ز ، ح تبين طبقة كاملة (ربما سنوية) من نوعين من الخلايا . وتميل الخلايا الرقيقة الى التمزق الذى يسبب تقشر «القلف» على هيئة رقائق

وقد تكون بعض أنواع الفلين ذات خلايا رقيقة الجدر مستطيلة فى الاتجاه القطرى ، كما فى الفلين المعروف فى التجارة (شكل ١١٣ أ ، ب) وفى البريدرم السطحى المستديم لبعض النباتات مثل التامول[١] والمشمش[٢] تكون خلايا الفلين مستطيلة ، فى الاتجاه المماسى ، بدرجة ملحوظة (شكل ١١٣ د ، هـ) . وليس بين خلايا الفلين مسافات بينية .

وخلايا الفلين تامة النضج ميتة ، تظهر عادة بلا نقر . وقد قيل فى بعض الحالات بوجود نقر فى الطبقة السليولوزية الداخلية المحيطة بفراغ الخلية فقط ، وقد يكون لوجود هذه النقر علاقة بمرور المواد اللازمة لتكوين طبقات السوبرين .

وخلايا الفلين مختلفة الأنواع ، أكثرها شيوعا نوعان : أحدهما خلاياه رقيقة الجدر جوفاء طويلة قطريا مكونة بذلك نسيجا خفيفا من نوع فلين الزجاجات ، والآخر خلاياه غليظة الجدر رقيقة قطريا ، وتجويف الخلية ممتلىء بمادة صبغية قاتمة ذات طبيعة راتنجية أو تانينية وقد يوجد هذان النوعان فى نباتات مختلفة أو فى مجموعات يتبادل فيها النوعان فى نفس النبات كما فى جنس التامول (شكل ١١٣ د ، هـ) وتتيجة لتبادل خلايا رقيقة الجدر مع خلايا غليظة الجدر ، والسهولة التى بها تتمزق الخلايا الرقيقة ينفصل البريدرم على هيئة صفائح رقيقة كما فى نبات التامول . ويحدث فى حالات نادرة أن يتكون جزء من الفلين من سكلريدات وخلايا تحتوى على بللورات .

ويتميز الجدار لخلايا الفلين،بتكونه من جدار ابتدائى مكون من سليلوز أو من لجنين أو يكون مسوبرا قليلا ، كما فى بعض النباتات . ويلى الجدار الابتدائى طبقة متوسطة مسوبرة غليظة من الجدار الثانوى « صفيحة السوبرين » ثم يلى هذه الطبقة أخرى من الجدار الثانوى وهى طبقة سليولوزية رقيقة تحيط بتجويف الخلية مباشرة ، وقد تكون هذه الطبقة الداخلية ملجننه فى بعض النباتات — كما أنها لا توجد فى حالة الفلين رقيق الجدر . وكثيرا ما يصعب التمييز بين هذه الطبقات المختلفة . ومادة السوبرين التى يعتقد أنها تكون صفيحة السوبرين ، تشبه فى صفاتها مادة الكيوتين ، اذ أنهما غير منفذتين الى حد كبير ،

---

(١) Betula

(٢) Prunus

للغازات والمـــاء ، كما أنهما تبدوان ساطعتين جدا تحت المجهر ، وتقاومان فعل الأحماض . وفى قليل من النباتات وعلى الأخص فى نبات البلوط الفلينى ، يكون النسيج الفلينى قابلا للمد الى درجة كبيرة ، وتعتمد هذه الخاصية على قدرة الجدر نفســها على التمدد من جهة أخرى على التغير فى شكل الخلايا ، عندما يحدث الشد . وعلى الرغم من ذلك ، فان النســيج الفلينى فى معظم النباتات ، يكون غير قابل للثنى أو للمد . على أن عملية منع فقدان المـــاء ، بواسطة البريدرم ، ترجع الى تسوبر جدر خلايا الفلين ، والى تلاحقها بشدة .

الفلودرم أو القشرة الثانوية :

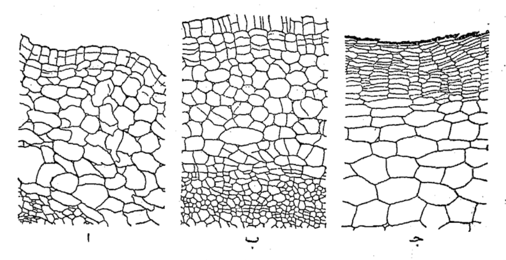
خلايا الفلودرم حية ، سليولوزية الجدر ، مرتبة فى معظم النباتات ، مع شىء من التفكك . ولا تختلف عن خلايا القشرة المتاخمة لها ، الا فى ترتيبها ترتيبا واضحا فى صفوف قطرية (شكل ١١٢ أ) وفى بعض النباتات تقوم خلايا الفلودرم بالبناء الضوئى وادخار النشا . كما أنها منقرة كالخلايا البرنشيمية الأخرى ، ويوجد بهذا النســيج فى بعض الأحيان سكلريدات وخلايا متخصصة أخرى . ويطلق أحيانا لفظ « القشرة الثــانوية » على الفلودرم ، ولكنه كثيرا ما يطلق على البريدرم بجملته ، ويرجع أساس هذه التســمية الى أنها تعتبر من الناحية الوظيفية قشرة ذات وظيفة واقية . وحيث أن البريدرم قد ينشأ بطريقة ثانوية من اللحاء ،لذلك لا يمكن منطقيا استعمال لفظ القشرة لهذه الطبقة . ولذلك فاستعمال لفظ القشرة الثانوية فى أى من المعنيين لا يعتبر دقيقا ولا مرغوبا فيه .

منشا البريدرم :

تنشأ أول طبقة فلوجين فى الساق الحديثة ، من الخلايا الحية الناضــجة فى الأنسجة الواقعة خارج منطقة اللحاء . ففى كثير من النباتات مثل التفـــاح . وفيبارنم لاتتانا[١] ، والبلوط [٢] وسولانم الكامارا[٣] (شكل ١١٢ ب) تتميز أول طبقة من الكمبيوم الفلينى فى البشرة نفسها . وقد يحدث فى أحيان كثيرة أن ينشأ الفلوجين من الطبقة التى تلى البشرة مباشرة كما فى جنس الحور (شكل ١١٢ أ) وجنس مانوليا[٤] (شكل ٧٧) وجنس الكستنا[٥] والماس والجوز .

(١) Vebarnum hantane
(٢) Quercus suber
(٣) Solanum Dalcamara
(٤) Magnolia
(٥) Castanea

وفى هذه الحالة تتمزق البشرة وتتحلل . وفى درنة البطاطس يظهر الكمبيوم الفلينى فى البشرة والطبقة الواقعة تحت البشرة معا (شكل ١١٤) ولكن الكمبيوم الذى



(شكل ١١٤)

البريدرم فى درنة البطاطس . ا ، ب قطاعات عرضية فى الجزء الخارجى من درنة حديثة تبين منشأ البريدرم : (ا) طبقتان من الفلوجين واحدة نشأت فى البشرة وأخرى فى طبقة تحت البشرة . (ب) انقسم الفلوجين الداخلى أما الخارجى فلم ينقسم . (جـ) قطاع عرضى فى الجزء الخارجى من درنة ناضجة يبين فلينا غليظا

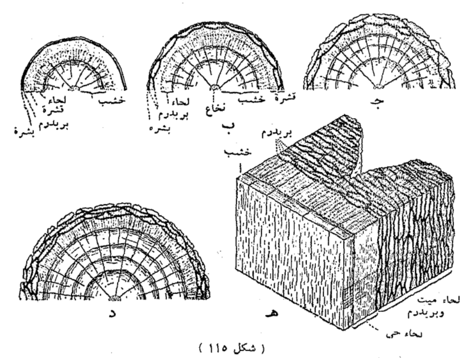
يظهر فى البشرة لا يقوم بوظيفته . وقد يحدث فى حالات نادرة أن يظهر الكمبيوم الفلينى فى السوق أول ما يظهر فى الطبقة الغائرة فى القشرة أو فى البرسيكل ، كما فى جنسى التوية[1] وريبس[2] . وفى هذه الحالات تحرم الأنسجة الخارجية من الماء والغذاء ، فتموت وتتمزق ثم تسقط .

وبزيادة الساق فى الغلظ ، وما يتبع ذلك من تمزق غائر فى الأنسجة الخارجية بما فى ذلك أحزمة البريدرم الأول ، تتكون طبقات بريدرم أخرى ، الواحدة تلو الأخرى ، فى مناطق على أعماق متزايدة فى الساق ، وتبعا لذلك تظهر الطبقات الجديدة داخل القشرة ، ثم البريسيكل ، ثم فى اللحا ء ، (شكل ١١٥) . وفى السوق المسنة ، تتكون معظم طبقات الفلوجين — باستثناء الطبقات القليلة الأولى — من اللحا ءالثانوى . وبذلك تتكون من اللحاء الثانوى معظم طبقات البريدرم ، فى الفروع الكبيرة ، وجذوع الأشجار . وبتكون كل طبقة من طبقات البريدرم ، ينقطع الماء والغذاء عن الأنسجة الخارجية وتموت الخلايا المكونة لهذه

(١) Thuja

(٢) Riles

الأنسجة ، وتتكون بذلك « قشرة » من طبقات متتابعة ومتراكبة من الفلين الذي يضم جيوبا من الخلايا ميته من القشرة واللحـــاء . هذه الأنسجة الميتة ، تكون ما يسمى « الريتدوم » الذى يعرف غالبا بالقلف القشرى ، (شكل ١١٥ د ، هـ) ،



(شكل ١١٥)

أشكال تخطيطية تبين موضع وامتداد طبقات البريدرم المتكونة بالتتابع فى ساق خشبية نموذجية . (ا) فرع عمره عام واحد يبين البريدرم على هيئة اسطوانة كاملة متكونة تحت البشرة . (ب) فرع عمره عامان يبين تمزق البشرة وطبقة البريدرم الاولى وتكون طبقات قشرية الشكل على أبعاد غائرة فى القشرة (جـ) ساق عمرها ثلاثة أعوام تبين ذبول الانسجة الخارجية وتكون طبقات بريدرم اخرى على أبعـاد أكثر غورا فى الساق ومقتحمة اللحاء الثانوى . (د) ساق عمرها أربعة أعوام تبين ذبول القشرة واللحاء الثانوى ومعظم طبقات البريدرم وقد غزت طبقات الفلين اللحاء الحديث . (هـ) الانسجة الخارجية لجذع شجرة مسنة يبين اللحاء الثانوى الحديث وقد أصبح شريطا ضيقا والريتدوم غليظ به شقوق غائرة ومكون من لحاء ميت وعدة طبقاتبريدرم قشرية الشكل كما أن كمية كبيرة من أنسجة أخرى قد ذبلت

وقد أدى استعمال كلمة « قلف » فى عدة معانى الى لبس كبير . ففى المعنى غير الفنى ، تستخدم كلمة قلف للأنسجة التى يسهل نزعها عند تقشير كتل الخشب أو الأفرع أى تلك الأنسجة التى تقع خارج الكمبيوم ، كما أن كلمتى « قلف » وقلف خارجى « استعملتا لتعنيان الطبقات السطحية من الأنسجة الميتة المكونة من البريدرم ، وما تضمه من أنسجة واستعملت كلمة « قلف داخلى » لتعنى أنسجة اللحاء الحية الملاصقة للكمبيوم ، وقد استعمل التعبير « القلف الداخلى » أيضا لمنطقة الكمبيوم نفسها . قد يسمى البريدرم وحده أحيانا قلفا خارجا ، كما فى

جنس التامول [1] وأحيانا أخرى قلفا فقط . وقد استعمل بعض المؤلفين كلمة (قلف) مرادفة لكلمة « قشرة » بالمعنى الفنى ، ولا زال بعضهم يستعمل « القلف الخارجى » بهذا المعنى . ولذلك فالاستمرار فى استعمال « قلف » بمعنى فنى غير مرغوب فيه . ويستحسن أن يقتصر استعمال هذه الكلمة على الناحية غير الفنية ، ليعنى جميع الأنسجة خارج الكمبيوم ، وهذا الاستعمال درج عليه منذ زمن بعيد . أما الكلمات ذات المعنى الدقيق « القشرة » و « البريدرم » فيحسن استعمالها فعلا فى الوصف التشريحى وتستعمل كلمة « ريتدوم » لتدل على طبقات متبادلة من بريدرم وأنسجة ميتة من القشرة واللحاء .

ويختلف عمر الساق عند بدء تكوين البريدرم ، باختلاف النبات ، وباختلاف الظروف البيئية . ففى الأفرع الخشبية يتكون أول بريدرم (فى أقصى الخارج) عادة فى الفصل الأول ، حين تتمزق البشرة . وفى بعض النباتات قد يتكون بريدرم آخر على بعد أعمق فى العام الأول أيضا . وغالبا ما تكفى الطبقات الأولى لبضعة فصول ، وبعدها تتكون طبقات أعمق . فشجرة التفاح وشجرة الكمثرى تبدءآن فى تكوين بريدرم داخلى ، ما بين السنة السادسة والسنة الثامنة . وبعض أنواع الجوز والمشمش ، تحتفظ بقلفها السطحى الناعم ، لمدد تتراوح بين عشرين وثلاثين سنة أو أكثر ، كما أن جنس فاجس [2] وبعض أجناس أخرى لا تكون بريدرم داخلى مدى الحياة .

وتتميز الجذور بالبريدرم المتكون فى مناطق عميقة ، فيتكون الفلوجين تحت البشرة الداخلية مباشرة . وقد يظهر البريدرم كطبقة مستمرة تحيط بالجهاز الجذرى كله فيما عدا المناطق القريبة من الأطراف ، وتتأتى مسايرة الزيادة فى قطر الجذر ، عن طريق الانقسام القطرى لخلايا الفلوجين ، والخلايا الحية التى تحتها . وفى بعض أنواع النباتات تكون الجذور موجودة فى باطن التربة ، ومعرضة لظروف مواتية ، لتحلل الأنسجة الخارجية وموتها ، وتحاط الجذور فى هذه الحالات ببريدرم كامل ذى سطح ناعم ، أما الجذور المعرضة للهواء ، فانها تكون قلفا خشنا ، شبيها بذلك الموجود على الساق . وفى كثير من النباتات العشبية ، لا تتكون طبقة بريدرم بل تتسوبر الطبقات السطحية .

---

(١) Betula

(٢) Fagus

امتداد البريدرم :

يغطى البريدرم ، فى النبـاتات الخشبية ، محور النبـات فيما عدا الجذور « الليفية » النحيلة ، والأجزاء الحديثة من الجذور والسوق القريبة من الأطراف النامية . وفى الفروع الصغيرة تكون أول طبقة بريدرم على هيئة أسطوانة كاملة . وفى بعض الأجناس مثل فاجس وبعض أنواع جنس التامول ، تغطى هذه الطبقة الأولى الجذوع حتى تصبح مسنة . وفى جنس العنب[1] تكون طبقات البريدرم الأولى والطبقات التالية ، على هيئة صفائح كاملة من النسيج ، موازية للسطح الخارجى وتنشأ أسطوانات مركزية من الفلين . وتمتد طبقات البريدرم المتأخرة فى معظم النباتات الخشبية ، الى مدى يندر أن يصل الى امتداد الطبقات الأولى ، بل يكون عادة أقل كثيرا ، أحيانا تمتد هذه الطبقات بضعة سنتيمترات مربعـة فقط ، وعلى العموم يختلف اتساع طبقة الفلوجين طوليا ومحيطيا ، باختلاف نوع النبات وعمر المحور . ويكون الجزء المتوسط من هذه الطبقة المحددة من البريدرم موازيا للسطح ، ولكن أطرافها تنثنى للخارج لتقابل طبقات الفلين الخارجيـة الأكبر سنا . وبهذه الطريقة يحدث انفصال لحرشفة عديسية الشكل ، مكونة من أنسجة القشرة واللحاء . وتتراكب أو تلتحم بعض طبقات البريدرم المتكونة على فترات مختلفة لتكون غطاء كاملا حول الساق (شكل ١١٦) وتحتوى الطبقات الداخلية المتكونة أخيرا ، على طبقة حية من الفلوجين . وتسقط طبقات البريدرم الخارجية نتيجة للذبول أو سقوط الأوراق أو تبقى لتكون الريتدوم (شكل ١١٥)

وطبقـة البريدرم مستمرة فى الجـذور عادة وتغطى السطح كله فيما عدا الأطراف النامية .

بقاء البريدرم :

تختلف كثيرا مدة قيام طبقات البريدرم الأولى بوظيفتها . ففى الأشجار ذات القلف الناعم مثل فاجوس وكاربينوس[2] والتامول قد يصمد البريدرم الأول لعدة سنوات أو طوال حياة الشجرة . وفى هذه الحالة تستمر الزيادة فى محيط البريدرم ، عن طريق الانقسام القطرى وما يتبعه من كبر حجم خلايا الفلوجين . أما فى أغلب النباتات الخشبية فإن عدة طبقات بريدرم أخرى تتكون — ان عاجلا

---

(١) Vitis

(٢) Carpinus

أو آجلا — الواحدة تلو الأخرى بالتتابع متدرجة فى العملية من أنسجة القشرة



(شكل ١١٦)
السطح الداخلى (المماسى) للريتدوم فى أحد أنواع الصنوبر ، وقد ذوت أنسجة اللحاء الحية معرضة القشور المتراكبة من طبقات البريدرم الداخلية (فى منظر أمامى)

وفى النهاية من أنسجة اللحاء ، وذلك لتحل محل طبقة البريدرم الأولى (شكل ١١٥) وتنشط طبقات الفلوجين المتأخرة لفترة قصيرة فقط ، اذ تتحول الخلايا المكونة لها الى خلايا فلين . وفى جنس العنب ، تكون طبقات البريدرم المتتالية المتكونة فى السنوات الأولى القليلة ، على هيئة أسطوانات كاملة ، ثم تتمزق الأسطوانة الخارجية وتسقط مباشرة ، بحيث لا يبقى عادة سوى طبقة أو طبقتين من الفلين فى تلك السوق ، التى ما زالت فى أعوامها الأولى .

وفى النباتات التى تنشط فيهـا طبقة البريدرم لفترة قصيرة ، لا يظهر انتظام موسمى فى نشاطها . أما فى النباتات ذات طبقات البريدرم السطحية الدائمة ، مثل نبـاتات التامول والمشمش (شكل ١١٣ د) وأشـجار البلوط الفلينى ، فهناك اختـلاف موسمى فى نوع خلايا الفلين المكونة من الكمبيوم الفلينى ، ينتج عنه طبقات أو أشرطة من الفلين ، تمثل على الأرجح (حلقات سنوية) شكل ١١٧ ب . تبدو هذه الحالة بسهولة فى فلين الزجاجات ، حيث تشـبه الحلقات السنوية فى الخشب . ويظهر تكون هذه الطبقات أيضـا فى نبـاتات التامول (شـكل ١١٣ د ، هـ) .

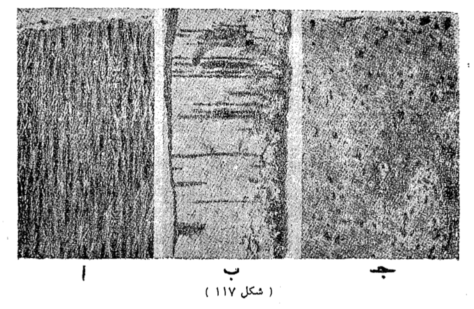
الفلين التجارى :

يبدوا أن لتكون طبقات البريدرم فى بلوط الفلين أهمية خاصة وينشىء الفلوجين أولا فى طبقة البشرة ، مكونا للخارج كميات كبيرة من نسيج الفلين ، وللداخل بضع طبقات من خلايا الفلودرم ، ويصمد هذا الفلوجين مدى الحياة . عندما تبلغ الشجرة حوالى العشرين عاما ، ويكون محيطها عندئذ حوالى ٤٠ سنتيمترا ، تنزع هذه الطبقة الخارجية والتى تسمى « الفلين البكر » بواسطة سلخها خلال طبقة الفلوجين أو الفلودرم . فنمو الخلايا المكشوفة من الفلودرم والقشرة ، وتتكون طبقة فلوجين جديدة على بعد بضعة مليمترات داخل القشرة . ويتكون بواسطة هذا الفلوجين فلين جديد ، بسرعة أكبر من تلك التى تكونت بها الطبقة الأولى ، وبمضى تسعة أو عشرة أعوام ، تكون طبقة الفلين قد أصبحت، من حيث غلظها ، ذات قيمة تجارية فتنزع بدورها وهكذا . ويمتاز هذا الفلين من حيث النوع عن الفلين البكر ، الذى يكاد يكون عديم الفائدة ولكن بالرغم من هذا ، فان طبقات الفلين التى تنزع بعد ذلك تفوقه من حيث الجودة . وتنزع هذه الطبقات فى السلخات التالية ، كل تسع سنوات ، حتى يصل عمر الشجرة الى ١٥٠ عاما أو أكثر . وبتوالى سلخ الفلين ، تظهر طبقات الفلوجين فى مناطق أعمق فى الأنسجة الحية وتستنفد القشرة ، وتفقد فى السلخات الأولى ، وتتكون طبقات الفلين التالية فى اللحاء الثانوى . وتتيجة لذلك يكون لطبقة القلف الفلينى المسلوخة وجهان : وجه ناعم وهو الداخلى حيث حدث الانشقاق فى الفلوجين شكل (١١٧ جـ) ، ووجه خشن نتيجة لتشققه بالذبول والجفاف . ويظهر واضحا على السطح الخشن بقايا اللحاء الثانوى ، الذى مات نتيجة للتعرض بعد سلخ الطبقة السابقة (شكل ١١٧ أ) وتبدو من القطاع العرضى (شكل ١١٧ ب) تلك الأشرطة التى يرجح أن تكون طبقات سنوية . كما تبدو العديسات ويرجح أن طبقة البريدرم الأصلية ، قد تصمد مدى الحياة ، اذا لم تسلخ الشجرة مكونة « فلينا » ذا غلظ كبير .

ويعتبر بلوط الفلين المصدر الأساسى لمعظم الفلين المستعمل فى الصناعة والتجارة ، وقد كان للصفائح الفلينية الهشة ، التى كانت تؤخذ من نبات التامول الورقى[1] والأنواع القريبة منها أهمية خاصة ، فى المدنية الهندية الأمريكية ،

---

(١) Betula papyrifera



(شكل ١١٧)

الفلين من نبات البلوط الفليني عند نزعه من الشجرة : (ا) السطح الخارجي (المماسي) الذابل ويبين الالياف وأشعة اللحاء الثانوي والانسجة المنفصلة الميتة نتيجة تكون الفلين تحتها . (ب) قطاع عرضي يبين « الحلقات السنوية » والعديسات في قطاع طولي وألياف اللحاء الممزقة عند السطح الخارجي (جـ) السطح الداخلي (المماسي) الناعم والتي عندها نزعت طبقة الفلين من الشجرة ويبين العديسات في قطاع عرضي

ولكنها لا تستعمل في الوقت الحالي الا قليلا ومن الخصائص التي تجعل للفلين التجاري قيمته ، عدم نفاذيته وخفته وهشاشيته ومرونته .

المظهر الخارجي للبريدرم :

يمكن ملاحظة جميع مراحل تكوين البريدرم ، في شجرة معمرة طويلا ، ففي شجرة الكمثرى مثلا تكون الأفرع الحديثة في بدء موسم النمو مغطاة بالبشرة فقط . ثم يمتد من هذه الأفرع الى أسفل الساق ، حتى المنطقة التي يتراوح العمر فيها ، بين ستة وثمانية أعوام ، منطقة مغطاة بالبريدرم الأول السطحي . الذي ينشأ من البشرة وله سطح ناعم الملمس يميل للخضرة الرمادية أو الداكنة . ويمكن مشاهدة البقايا الحرشفية لطبقة البشرة وفي الجزء العلوي من هذه المنطقة . ويلي هذه المنطقة الى أسفل ، منطقة أخرى قصيرة ، قد تكون فيها بريدرم داخلي في مساحات صغيرة ولكن الطبقة الخارجية لم تتمزق بعد . وتتخذ الساق في هذه المنطقة مظهر التبقع ، نتيجة لفقدان الأنسجة الميتة للونها ، لانعزالها في بعض الأماكن ، طبقات البريدرم الداخلية . وقد يكون سطح البقع الميتة غائرا الى حد ما

تتيجة لانكماش النسيج الميت (شكل ١١٨ أ) ، وتندمج هذه المنطقة بالمنطقة التى تليها ، والتى تتميز بانفصال القشور الخارجية وسقوطها (شكل ١١٨ ب) . وفى الجذور الكبيرة يتخذ القلف أسفل هذه المنطقة شكل حواف بارزة ، غير واضحة تماما ، مكونة من البريدرم وأنسجة اللحاء الميتة .

ويتوقف نوع القلف المسن للنباتات المختلفة ، على عدد ومدى وطبيعة طبقات البريدرم من ناحية ، وعلى طبيعة أنسجة اللحاء والقشرة التى تنفصل مع تكون طبقات الفلوجين المتالية من ناحية أخرى . ففى نباتات كثيرة تتجمع أنسجة القشرة واللحاء الخارجية الى درجة كبيرة ، بحيث تتحول جميع الخلايا البرنشيمية الى سكلريدات . يحدث بعض هذا التحول قبل انفصال هـذه الأنسجة بواسطة الفلوجين ، ويحدث بعضه بعد ذلك عندما تموت الخلايا . وتعزى الصلابة المتناهية لقلف بعض النبـاتات من جنس البلوط وجنس كاريا ونبـات الاسـفندان السكرى [١] الى هذه الكتل من الخلايا الاسكلرنشيمية . ويحتوى القلف اللين على طبقـات لينـة من الفلين وقليل من الكتل الاسكلرنشيمية فى مانوليـا أكوميناتا [٢] وألماس الأمريكى [٣] .

وتتأثر طريقـة انفصال القلف باتساع طبقـات البريدرم ومدى صلابتها « فالقلف الحرشفى » أو القشرى ، الذى يظهر على الأجزاء الحديثة من الجذوع وعلى الأفرع لأشجار كثيرة ، مثل الاسفندان الأحمر ، والتفاح ، ينتج عن تكون طبقات من البريدرم ، فى مناطق متباعدة ، تنفصل على هيئة قشور أو حراشيف . كما ينفصل القلف فى نبات من جنس كاريا ، على هيئة أشرطة ضيقة ، متصلة بواسطة نهاياتها العليا ، ويرجع ذلك الى تشقق البريدرم الى أشرطة عمودية طويلة من البريدرم ، والى توفر الألياف فى اللحاء . وفى بعض أنواع البلوط الأحمر وأشجار أخرى كثيرة تكون طبقات البريدرم متماسكة ببعضها البعض ، وينتج عن ذلك أن يلتصق القلف بشدة الى الجذع ، ولا يسـقط بل يتحلل تدريجيا على السطح .

وفى بعض النباتات يكون البريدرم طبقات انفصال كاملة تؤدى الى انفصال القلف الخارجى على هيئة صفائح . ففى نبات الشنار [٤] ينفصل القلف الخارجى

---

(١) Acer saccharum
(٢) Magnolia acamintta
(٣) Qlmus americana
(٤) Platanus

للجذع والأفرع الكبيرة فى كل ربيع بهذه الطريقة وينفصل «القلف الحلقى» فى العنب



(شكل ١١٨)

جذوع الاشجار الصغيرة فى أ ــ الكمثرى ، ب ــ التفاح مبينة تشقق وتقشر الانسجة الخارجية يبدو فى ا البريدرم الخارجى ناعما ومستمرا ومشققا ، وبدأت تظهر طبقات البريدرم الداخلية ويرى منها اثنتان تحت منتصف الشكل وقد انفصلتا ويرى أيضا بقع من أنسجة ميتة . وفى ب تظهر مراحل متدرجة من المرحلة الظاهرة فى أ حتى المرحلة التى يتقشر فيها الجذع كثيرا على السطح كله

بطريقة مماثلة ولكن الأنسجة الخارجية تظل معلقة عادة ، على هيئة قشور بعض الوقت . وتحدث هذه الطريقة فى سقوط القلف ، اذا تكون البريدرم باحدى طريقتين : الأولى تتكون فيها طبقة من خلايا رقيقة الجدر غير مسوبرة عن طريق الفلوجين بين طبقات من فلين قوى ، وفى الطريقة الأخرى تتكون خلايا ملجننة غليظة الجدر ، بين طبقات من نسيج فلينى رقيق الجدر . وفى الحالتين تنشق طبقة البريدرم تحت تأثير الرطوبة على النسيج غير المسوبر وأيضا بسبب التوتر الناتج من زيادة الساق فى الغلظ .

الطبقات الواقية فى ذوات الفلقة الواحدة :

تعتبر البشرة المستديمة بما عليها من أدمة ، وبجدرها المكوتنة عادة تعتبر الطبقة الواقية الوحيدة فى النباتات العشبية ، من ذوات الفلقة الواحدة ، وعندما تضعف هذه الطبقة أو تتمزق تتسوبر خلايا القشرة التى تحتها عن طريق صفائح من السوبرين على الجــدر السليلوزية كما يحدث فى خــلايا الفلين النموذجية . يحدث هــذا بشكل شــائع فى فصائل النجيلية[١] والأسلية[٢] والبوطية[٣] وفصائل أخرى .

ويبدو أن هناك تباينا فى تركيب الطبقات الخارجية للسوق الخشبية ، التى تعمر طويلا لنباتات ذوات الفلقة الواحدة . ففى كثير من الأحيان لا تتكون طبقة بريدرم نموذجية . أما فى النخيل الملكى (جنس رويستونيا)[٤] ، الذى تتميز جذوعه بالسطح الناعم الأبيض ، فتتكون طبقة بريدرم مستديمة بها طبقة فلين قوية تغطى السطح كله . وفى بعض أنواع جنس جوز الهند وبعض الأجناس الأخرى ، تتكون طبقات كاملة متتابعة من البريدرم وهذه الطبقات تفصل الطبقات الخارجية للساق بما فى ذلك نهايات المسيرات الورقية ، وبعض حزم الساق ، مكونة بذلك طبقة شبيهة بالرتدوم ، محاكية رتدوم ذوات الفلقتين . ولبعض الأجناس الخشبية طبقات خارجية كاملة من البريدرم ، كما فى بعض أنواع الصبار ، التى بها تغليظ ثانوى خاص . وفى هذه الطبقات ، يتكون الفلين من طبقات من خلايا رقيقة متبادلة مع خلايا الجدر (شكل ١١٩ جـ) .

الفلين المصفوف :

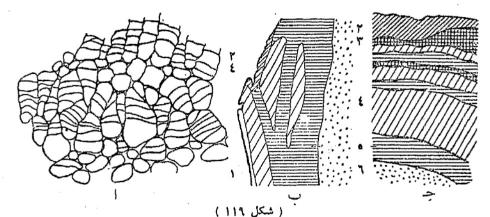
فى كثير من ذوات الفلقة الواحدة ، التى يحدث بها تغلظ ثانوى مثل دراسينا والكركم وبعض أنواع الصبار ، تتكون الطبقة الواقية أساسا من فلين مصفوف . ويختلف هذا الفلين عن فلين طبقات البريدرم النموذجية ، فى منشئه وفى ترتيب صفوفه القطرية . ففى البريدرم النموذجى تكون خلايا الفلوجين صفوفا كاملة من خلايا فلين متشابهة الى حد كبير (شكل ١١٢ أ ، ب) . وتترتب الخلايا المنشئة أى خلايا القشرة الابتدائية فى الفلين المصفوف فى خط متقطع غير منتظم وتكون كل خلية عن طريق الانقسام المماسى عددا محدودا من خلايا الفلين (بين ٣ و ٨) .

---

(١) Gramineae
(٢) Juncaceae
(٣) Typhaceae
(٤) Roystonia

كما تختلف خلايا الصف الواحد المتكونة بهذه الطريقة فى الحجم والشكل . ويدل حجمها وترتيبها على نشأتها من خلية والدة واحدة (شكل ١١٩ أ) . أما الأحزمة أو الأشرطة المماسية المتكونة من هذه الخلايا ، فتكون « أدوارا أو صفوفا » وهذه الأحزمة غير منتظمة الحدود ، وذات اتساع غير محدود ، كما أنها تضم خلايا من القشرة غير منقسمة تسوبرت وامتزجت جانبيا أو قطريا ، بأحزمة أخرى مماثلة (شكل ١١٩ ب ، جـ) ، ويتكون بالتتابع القطرى لهذه الأحزمة ، نوع من الفلين ، يكاد يقتصر على ذوات الفلقة الواحدة .

وتتكون طبقات الفلين المصفوف الواحدة تلو الأخرى فى مناطق تتدرج فى العمق فى نسيج القشرة ولكن حوافها لا تلتحم طبقا لنظام مميز ، كما فى ذوات الفلقتين والمخروطيات . ويتركب الرتدوم المتكونة فى ذوات الفلقة الواحدة من طبقات غير منتظمة ومتراكمة تتبادل فيها خلايا الفلين المصفوف مع خلايا القشرة غير المسوبرة وخلايا القشرة المسوبرة والمفتتة (شكل ١١٩ جـ) وبذلك تصبح هذه الطبقة كتلة معقدة من نسيج واق يفتقر الى كمال طبقات الفلين ، الذى يميز سوق النباتات الخشبية التى تنتمى الى المجموعات النباتية الأخرى .



(شكل ١١٩)

فى نبات الكركم : قطاع عرضى فى جزء من القشرة يبين الفلين المصفوف وقد تتابع الانقسام المماسى فى طبقة غير منتظمة من هذه الخلايا . (ب) فى نبات كورديلين الاسترالى : قطاع قطرى فى ساق يبين طبقة من الفلين المصفوف (٥) وهو يضم مجموعات من خلايا القشرة المسوبرة غير المنقسمة (٤) ، (١) البشرة . (جـ) فى نبات كورديلين اندفيزا : قطاع عرضى فى الساق يبين الطبقة السطحية المكونة من خلايا مفتتة (٢) متبادلة مع طبقات مماسية من خلايا القشرة (٣) وخلايا من القشرة غير منقسمة ومسوبرة (٤) وفلين مصفوف (٥) والقشرة (٦)

وظيفة البريدرم :

ان أهم وظيفة للبريدرم ، هى وقاية الأنسجة الداخلية من الجفاف ، عن طريق الطبقات الفلينية والطبقات المسوبرة . وتستطيع طبقات الفلين الغليظة ، أن تقوم

بقسط واف من الوقاية ضد الأضرار الميكانيكية ، التى قد تحدث للأنسجة الداخلية . وبالاضافة الى هذا فللبريدرم وظائف وقائية أخرى فى الأجزاء المختلفة للنبات ، ففى الثمار والدرنات تقوم طبقة البريدرم فى أحيان كثيرة مقام بشرة متكوتنة تكوتنا ثقيلا أو متأدمة كما فى بعض أنواع التفاح (شكل ١٢٢ ج) والبطاطس العـادية (شكل ١١٤) . وفى بعض ثمار المناطق الاستوائيـة مثل الزبدية [١] أو ثمار كالوكاريم ماموزم [٢] تتكون طبقـات فلين سطحية جيـدة التكوين ، تضفى على الثمرة لونا بنيا رماديا ومظهرا خشنا . كما توجد أيضا طبقات فلين على السطح الخارجى لحراشيف البراعم ، فى عدة نباتات خشبية ، كما تتخذ طبقات الفلين ، شكل أجنحة أو حواف بارزة ، على كثير من الثمار الجافة (شكل ١٧١) كما أنها توجد فى حالات نادرة ، على الأوراق وأعنـاق الأوراق ، كما فى بعض أنواع جنس التين .

فلين الجروح :

تنحصر احدى وظائف البريدرم الخاصة فى حماية الجروح ، عن طريق تكوين فلين الجروح اذ ينعزل النسيج الميت عادة من الأنسجة السليمة ، بواسطة طبقة مسوبرة ، تتكون من خلايا كانت موجودة أصلا ، ولكنها تغيرت كيميائيا . وقد يعقب هذا التغير تكوين طبقة فلوجين بين الطبقات البرنشيمية الحية ، التى لم تتأثر بالجروح ، ولكنها تكون متاخمة لها . هذه الطبقة تكون فلينا وفلودرما بالطريقة العادية فيلتئم الجرح . هذه الطبقة لا تقوم بمنع فقدان الماء من الجرح فحسب ، ولكنها تحمى الأنسجة السليمة من الاصابة بالفطريات والبكتريا أيضا ، ذلك لأن الفلين يقاوم بصفة خاصة فعل الكائنات الدقيقة .

ويمكن أن يتكون فلين الجروح فى أى جزء من أجزاء النبـات ، على أن السهولة التى يتكون بها تختلف باختلاف النبات ذاته ، والعضو المجروح ، والأنسجة المجروحة ، والظروف المحيطة . ويتكون فلين الجروح بصـفة عامة بسهولة فى النباتات الخشبية وذوات الفلقتين ، عنها فى النباتات العشبية وذوات الفلقة الواحدة . كما أنه قد يتكون فى الأوراق ، ولكنه يندر تكوينه فى النسيج السكلرنشيمى — ومما يعوق تكوين فلين الجروح انخفاض درجة الحرارة ، ودرجة الرطوبة ، وذلك حتى فى النباتات التى يتكون فيها بسهولة مثل البطاطس .

---

(١) Achras sapota

(٢) Calocarpum mammosume

العديسات :

تتكون فى طبقات البريدرم لجميع النباتات تقريبا رقعات صغيرة محددة بها خلايا مفككة ، تضم فيما بينهما كثيرا من المسافات البينية الصغيرة . تعرف هذه الرقع بالعديسات وتكون أكبر قطرا من بقية البريدرم ويرجع ذلك الى تفكك خلاياها وكبر حجمها ، وقد يكون ذلك راجعا الى زيادة عدد هذه الخلايا أيضا .

توزيع العديسات :

تظهر العديسات بشكل واضح ، على الفروع وعلى الأعضاء الأخرى ، ذات السطح الناعم على هيئة بقع فلينية مرتفعة نوعا ما ، حيث تبرز الأنسجة الداخلية خلال البشرة ، وتوجد العديسات بشكل عام تقريبا على سوق النباتات الخشبية . وقد روى عن قليل من هذه النباتات عـــدم وجود عديسات بها . من بين هذه النباتات التكوما والعنب وبعض النباتات الأخرى ، ومعظمها من الكروم التى تتلخص من الطبقات الخارجية للقلف كل عام ، وبذلك تحتفظ دائما بأنسجة جديدة على اتصال مباشر بالهواء الخارجى . كما توجد العديسات أيضا على جذور كثير من النباتات . وتعتبر العديسات الكبيرة فى نبات التوت الأبيض [1] من المعالم الواضـــحة على السطح البرتقالى اللون . كما ان « النقط » الموجودة على ثمار التفاح والبرقوق ، تعتبر من الأمثلة المألوفة للعديسات ، التى تظهر على الثمار .

ويختلف كثيرا عدد العديسات ، بالنسبة لوحدة السطح ، باختلاف النبات . ففى بعض النباتات ، تتكون عديسة واحدة تحت كل ثغر أو مجموعة من الثغور ، ولذلك يتوقف عدد العديسات فى هذه النباتات على عدد الثغور أو عدد مجموعات الثغور . وفى نباتات أخرى قد تتكون العديسات بين الثغور ، وفى هذه الحالة يكون عدد العديسات نســبة صغيرة فقط من عدد الثغور . وفى السوق تكون العديسات عادة مبعثرة ، ولكنها فى بعض الأحيان تكون مرتبة فى صفوف عمودية أو أفقية . وفى الحالات التى توجد فيها أشعة وعائية كبيرة عديدة الصفوف ،فان العديسات تظهر فى صفوف مقابل هذه الأشعة ، مما يوحى بان الشعاع والعديسة يكونان معا ممرات لتبادل الغازات بين الأنسجة الداخلية والجو الخارجى . وفى الجذور ، توجد العديسات مزدوجة على جانبى الجذور الفرعية ، بحيث توجد

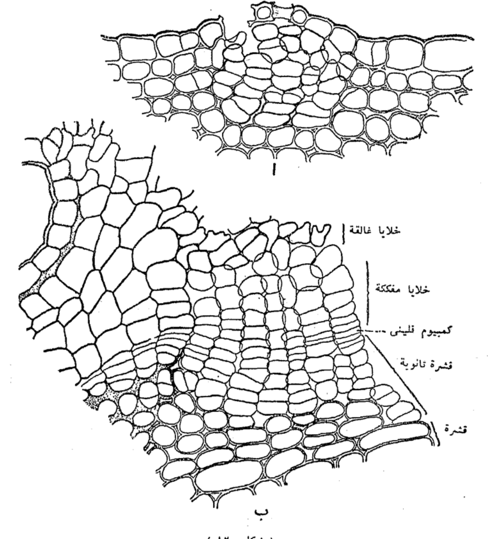
---

(١) Morus alba

واحدة على كل جانب ــ وفى الجذور الاختزانية كجذور الجزر ، توجد العديسات فى صفوف عمودية ، فى مكان صفوف الجذور الثانوية .

منشأ العديسات :

تنشأ العديسات فى السوق الحديثة عادة تحت الثغور (شكل ١٢٠) مع تكون طبقة البريدرم الأولى أو قبل ذلك مباشرة . ولما كانت العديسة جزءا من البريدرم ، كما أن البريدرم يمتد من أطراف العديسة للخارج ، لذلك يجوز القول بأن تكوين البريدرم يبدأ بتكوين العديسات . ويختلف موعد تكوين العديسات



(شكل ١٢٠)

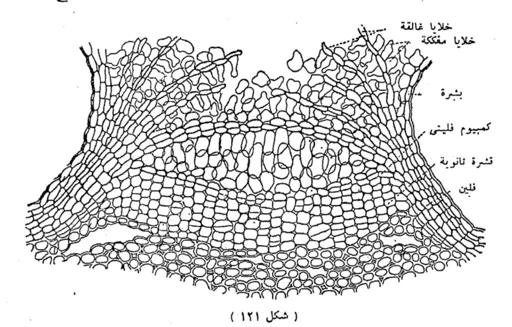
المرحلة الاولى فى تكوين العديسة : (ا) يبين ظهور الفلوجين تحت الثغر وتكون الخلايا المفككة الاولى وشقها للبشرة . (ب) يبين العديسة وقد اكتمل نموها (نصفها فقط ظاهر بالشكل)

فى النباتات المختلفة ، تبعا لعمر البشرة ، وفى معظم النباتات يبدأ تكوين العديسات أثناء موسم النمو الأول وأحيانا قبل أن يتوقف النبات عن الزيادة فى الطول .

وعند تكوين العديســات فى السوق تنقسم الخلايا الموجودة تحت الثغر ، أو تحت مجموعة من الثغور فى اتجاهات مختلفة لتكون كتلة من الخلايا المستديرة رقيقة الجدر ، تعرف بالنسيج المفكك . هذه الانقسامات الأولية يتبعها آجلا أو عاجلا ظهور طبقة عادية من الفلوجين فى النســيج الداخلى الملاصق ، وفى هذه الطبقة يحدث الانقسام فى الاتجاه المماسى فقط . وتكبر خلايا النسيج المفكك وتفقد مادة اليخضــور ثم محتوياتها الحية وتصبح حينئذ خلايا ميتة خفيفة . ثم تتكون بعد ذلك خــلايا مفككة اضافية تحت الخلايا الأولى ، وذلك عن طريق انقسام الفلوجين . بحيث تضغط هذه الخلايا ، عندما تصل الى حجم كبير ، على البشرة فتمزقها (شكل ١٢٠ أ) وتنكشف بذلك كتلة النسيج المفكك . وباستمرار نمو الفلوجين ، تلتوى أطراف البشرة للخارج ، حول فتحة العديسة ، وتبرز من بينها الكتل الباهتة من الخلايا المفككة (شكل ١٢٠ ب) .

تركيب العديسات :

تبدو العديسة الكاملة التركيب عادة ، على هيئة كتلة من النســيج عديسة

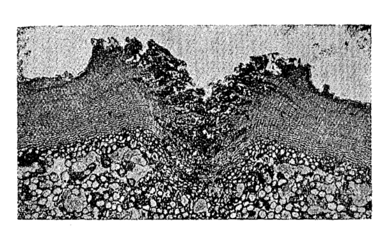


(شكل ١٢١)

عديسة فى أحد نباتات جنس المشمش فى قطاع عرضى للساق تبين تكوين عدد من الطبقات المتتابعة من النسيج المفكك والنسيج الغالق ، كما أن طبقة كبيرة من الفلودرم قد تكونت وانغمست داخل القشرة

الشكل ممتدة داخل برنشيمة القشرة ورافعة سطح النبات للخارج (شكل ١٢١ و ١٢٢) وقد تكون العديسات طولية أو مستعرضة تبعا لاتجاه التشقق فى نسيج السوق فقد تكون مستعرضــــة أو طولية . ويبدو أن هناك عـــلاقة بين اتجاه العديسة ، ونوع الشعاع الوعائى المقابل لها فى الداخل ، فالعديسات المستعرضة تكون غالبا متصلة بالأشـــعة وحيدة الصف والأشـــعة القصيرة الارتفاع ، أما العديسات الطولية ، فتكون غالبا متصلة بالأشـــعة المستطيلة ، والتى تسمى بالأشعة المركبة .

وعند تكوين العديسات ، لا يعطى الفلوجين خلايا فلين مسوبرة عادية ، ولكنه يعطى كمية ضخمة من خلايا غير مسوبرة . وقد تكون جميع الخلايا المعطاه للخارج من نوع واحد ،أى خلايا النسيج المفكك ، المستديرة ، رقيقة الجدر ، أو قد تتبادل مجموعات هذه الخلايا مع مجموعات أخرى من نسيج متماسك غزير يعرف باسم « الطبقات الغالقة » .



(شكل ١٢٢)

عديسة عمرها بضع سنوات لساق صغيرة لنوع من أنواع المشمش فى قطاع عرضى لساق . والشكل يبين البريدرم والطبقات المتبادلة من الخلايا المفككة والغالقة وظهور البريدرم فى طبقـات واسـعة

ولا تتماسك خلايا النسيج المفكك ببعضها بقوة ، وبذلك تكون فيما بينها ممرات هوائية فسيحة . ولهذا النسيج نوعان : نوع تتحد خلاياه لتكون نسيجا متماســكا الى حد ما كما فى الصفصاف . ونوع يتكون كلية من خلايا سائبة بحيث يصـــبح لهذه النسيج مظهر المسحوق ، كما فى سوق التامول والمشمش (شكل ١٢١ و ١٢٢) ، وفى جذور بعض أنواع التوت . وفى هذه الحالة ، يستقر

النسيج المفكك المسحوق فى مكانه بواسطة الطبقات الغالقة ، التى برغم غزارتها ومقدرتها على حفظ النسيج المفكك ، الا أنها تعترضها ممرات هوائية قطرية ، كما تعترض الفلوجين نفسه . وباستمرار تكوين كتل جديدة من الخلايا المفككة تتمزق الخلايا الغالقة . ففى موسم النمو تكون العديسة ممتلئة بالخلايا المفككة ، وجميع الطبقات الغالقة متمزقة ، وفى نهاية موسم النمو تتكون طبقة غالقة تسد جميع الممرات الهوائية ، فيما عدا المسافات البينية الدقيقة ، الموجوده بين هذه الخلايا ، وفى الربيع يتكون النسيج المفكك بسرعة ، فيشق الطبقة الغالقة .

بقاء العديسات :

يتوقف بقاء العديسة على تكوين بريدرم داخلى ، ففى النباتات التى يتكون فيها بريدرم داخلى فى وقت مبكر ، تنعزل العديسة ، وتضيع مع سقوط الأنسجة الخارجية . أما فى النباتات التى تصمد فيها طبقات البريدرم السطحية ، كما فى التامول واحد أنواع المشمش ، قد تسطيع العديسة أن تبقى لعدة سنوات . وفى مثل هذه الحالات تستطيل العديسة فى الاتجاه المماسى الى درجة كبيرة ، تبعا لزيادة محيط طبقات البريدرم التى تساير النمو الثانوى . ولذلك يزداد اتساع طبقة الفلوجين فى العديسة ، عن طريق انقسام خلاياه انقساما قطريا ، بنفس سرعة انقسام بقية طبقة الفلوجين . هذه العديسات المستطيلة تكون علامات واضحة على التلف الناعم فى نباتات التامول والكريز[١] وجذور التوت .

ومع تكون البريدرم الداخلى تتكون عديسا جديدة عن طريق التخصص الوظيفى لبعض أجزاء الفلوجين . وتقع العديسات المتكونه فى الطبقات الغائرة تحت الشقوق التى تحدث فى القلف الخارجى بحيث يمكن تبادل الغازات خلالها . ويتعذر رؤية العديسات على القلف عندما يكون خشنا . وفى نبات بلوط الفلين ، حيث تصل ثخانة طبقة الفلين بضعة سنتيمترات ، تبقى العديسات مكونة كتلا اسطوانية ، من نسيج مفكك ، يصل الى السطح الخارجى للساق (شكل ١١٧ ب ، جـ) . وهذا النسيج المفكك الذى يوجد مع العديسات ، هو الذى يكون تلك البقع الداكنة والمسامية ، والمكونة من نسيج مفتت فى الفلين التجارى . ولوجود هذا النسيج المنفذ والموضوع على شكل اسطوانات قطرية فى الساق ،

(١) Cerry

فان سـدادات الزجاجات تقطع من ألواح الفلين عموديا ، بحيث تمتد اسطوانة العديسة داخلها عرضيا ، ونظرا لأن الواح الفلين حال نزعها من الشجرة ، لا تتعدى فى ثخانتها ثلاثة سنتيمترات ، الا نادرا ، لذلك لا يمكن بهذه الطريقة العـادية الحصول على سدادات من الفلين أكثر من ثلاثة سنتيمترات فى سمكها . وبناء على ذلك يمكن الحصول على فلين أغلظ من ذلك ، اذا كان القطع قطريا من لوح الفلين ، ولكن فى هـذه الحالة تمر العديسـات طوليا ، وبذلك لا يكون الفلين محكما . ويقطع الفلين كبير الحجم عادة من ألواح من مطحون ومضغوط ، أو من ألواح من عدة طبقات ملتحمة ببعضها البعض ، ولا يعتبر هذا النوع من الفلين جيدا .

الانفصـال :

لا شك أن سقوط بعض أجزاء النبات أمر شائع الحدوث فى النباتات الوعائية . أما فى النباتات العشبية الحولية ، فقد لا يسقط سوى القنابات أو الأجزاءالزهرية. وفى النباتات المعمرة التى يحدث فيها تجديد موسمى فى نموها ، وعلى الأخص النباتات الخشبية منها ، فهناك فقدان مستمر لكثير من أجزائها المسنة . هذه الأجزاء قد تظل متصلة بالنبات الأصلى حتى تتحلل أو تجف وتزول أو أنهـا تسقط بعملية خاصة هى عملية « الانفصال » . وبهذه العملية تنعزل عادة أوراق وأجزاء زهرية وفروع من النبات الأصلى ، ثم تتم حماية الأجزاء المكشوفة بعد ذلك عن طريق طبقة بريدرم .

انفصال الأوراق :

لاتنتزعأوراق معظم التريديات وكاسيات البذور العشبية بعد موتها ،ولكنها تتحلل تدريجيا وهى فى مكانها أو تتمزق . أما أوراق عاريات البذور والنباتات الخشبية من كاسيات البذور بوجه عام ، وأيضا قليل من النباتات العشبية من كاسيات البذور ، فانها تنفصل عادة قبل موتهـا عن طريق تغيرات تركيبية فى الأنسجة تحدث عند قاعدة الورقة ، كما أن بادرات بعض الأعشاب التى تتساقط أوراقها يظهر بها انفصال غير كامل ، أغلب الظن أنه أثرى فى طبيعته .

ومع التباين فى دقائق عملية الانفصال ، فانه يوجد عند قاعدة جميع الأوراق المتساقطة منطقة مستعرضة تسمى «منطقة الانفصال» . تختلف هذه المنطقة فى تركيبها عن الأجزاء التى فوقها ، وتتكون داخل هذه المنطقة لبضعة أيام أو بضعة

أسابيع ، قبل سقوط الورقة ، تتكون طبقة محددة تسمى « طبقة الانفصال » ويعتبر السبب المباشر فى سقوط الورقة هو طريقة تركيب هذه الطبقة . وعند سقوط الورقة تتكشف الأنسجة الموجودة تحت طبقة الانفصال ، وتتم وقاية هذه الأنسجة من الجفاف أو الاصابة ، عن طريق واحدة أو أكثر من الطبقات الواقية ، والتى تقع واحدة منها على الأقل فى داخل منطقة الانفصال . ويوجد نوعان من هذه الطبقات : طبقات واقية ابتدائية ذات أصل ابتدائى ، وبريدرم ذو أصل ثانوى .

وتعتبر منطقة الانفصال من حيث التركيب أضعف جزء فى عنق الورقة ، ويسهل التعرف عليها من نضج الورقة . ويمكن تحديد موقعها من الخارج عن طريق وجود تجويف ضحل ، أو لاختزال فى الحزم الوعائية ، وتضعف أو تنعدم فيها الأنسجة الاسكلرنشيمية ، كما أن النسيج الكولنشيمى لا يوجد مطلقا ، وعلاوة على ذلك تحتوى بعض الخلايا البرنشيمية فيها على سيتوبلازم أكثر غزارة مما هو فى برنشيمة الأجزاء الأخرى من العنق .

وتتكون طبقـــة الانفصال من بضعة صفوف من الخلايا . وتختلف هـــذه الخلايا عن الخلايا التى فوقها ، والتى تحتها ، فى شكلها ، وفى صغر حجمها ، وفى احتوائها على كمية وافرة من حبوب النشا ، وعلى سيتوبلازم غزير . كما أنها تختلف أيضا ، من حيث استجابة جدرها للأصباغ المختلفة . وفى هذه الطبقة والطبقة التى تحتها ، تنسد عناصر التوصيل فى الحزم الوعائية ، وعلى الأخص الخلايا الابتدائية بواسطة تيلوزات وأصماغ . وتستمر عملية التوصيل عن طريق العناصر الثانوية وذلك لحفظ الورقة ممتلئة بالماء حتى سقوطها .

وقبيل سقوط الورقة تنتفخ الصفائح المتوسطة والجدر الخارجية لخلايا طبقة الانفصال ثم تصبح هلامية ، وأخيرا قبل الانفصال مباشرة تتحلل وتذوب . وفى بعض النباتات — وقد يكون هذا شائعا — يتحلل الجدار الداخلى أيضا ، ولا يبقى سوى جدار سليلوزى رقيق حول البروتوبلازم وبذلك تصبح الخلايا منفصلة تماما الواحدة عن الأخرى . وتمر جميع الخلايا البرنشيمية فى هذه المنطقة بما فى ذلك برنشيمة الأنسجة الوعائية بهذا التغير بحيث تصبح الورقة مرتكزة فقط على العناصر الوعائية ، وهذه تنقصف فى حينها بثقل الورقة وبفعل الرياح . وبناء على ذلك فالطقس الرطب يعجل بسقوط الأوراق ، لأنه يزيد فى وزنهـــا

بسقوط الماء عليها ، كما يسرع فى عملية التحلل المائى للجدر الجيلاتينية للخلايا . ولكن الصقيع لا يعتبر عنصرا هاما فى سقوط الأوراق لمعظم الأشجار . وان كان قد ذكر أن تكون بلورات ثلجية فى طبقة الانفصال ، يعتبر من أهم أسباب سقوط الأوراق . ولكن أوراق معظم الأشجار تسقط عادة قبل هبوط درجة الحرارة فوق سطح الأرض الى درجة التجمد . وفى بعض النباتات مثل شجرة السماء [١] وكتلبه [٢] والآسر [٣] ، والكرز البرى [٤] قد يسبب الصقيع سقوط الأوراق بهذه الطريقة ، اذا لم تكن الظروف مواتية لسقوطها ، فى وقت مبكر . وعلى ذلك ، يمكن أن يعزى سقوط الأوراق الى انفصال راجع الى تغير فى التركيب ، يتبعه تمزق ميكانيكى ، تعيقه أو تعجل به ، الظروف الخارجية .

وقد تكون الطبقات الواقية ذات أصل ابتدائى وأصل ثانوى معا (ابتدائية وثانوية النشأة) ، أو تكون ثانوية النشأة فقط . وتتكون الطبقة الواقيةالابتدائية النشأة عن طريق تلجنن وتسوبر الخلايا البرنشيمية الموجودة أصلا فى منطقة الانفصال ، وخلايا تكونت بالانقسام غير المنتظم لهذه الخلايا . ومهما يحدث من انقسام فى الخلايا عند تكوين الطبقة الواقية الابتدائية فان حجم النسيج لا يزداد نتيجة لهذا الانقسام ، وذلك لأن الخلايا المتكونة تتزاحم فى الجزء الذى كانت تشغلها الخلايا الأصلية .

وتختلف التغيرات التشريحية التى تحدث عند سقوط الأوراق باختلاف النبات ، وباختلاف الزمن فى النبات الواحد . وتعطى النباتات الأربعة المبينة فى شكل ١٢٣ أهم هذه الاختلافات :

جنس الكستنا :

تتكون طبقة الانفصال ، قبل سقوط الورقة مباشرة ، من الخلايا البرنشيمية الموجودة فى منطقة الانفصال . وبعد أن تسقط الورقة ، تتلجنن جدر الخلايا الواقعة تحت طبقة الانفصال وتترسب طبقة رقيقة من السوبرين داخلها ، وتختفى محتوياتها الحية . وتكون بذلك طبقة واقية ابتدائية فوق الخلايا الداخلية غير المتحورة — وبعد سقوط الورقة تتكون على سطح الندبة طبقة رقيقة من

---

(١) Ailanthus　(٢) Catalpa

(٣) Acer Pseudo-Platanns　(٤) Prunus avium

بقايا طبقة الانفصال . وخلال هذه الطبقات تمتد النهايات المزقة للحزم الوعائية ، ولا تتصل طبقة البريدرم على الساق ، بالطبقة الواقية لندبة الورقة . وعند نهاية الخريف ، حينما يتم تكوين الطبقة الملجننة المسوبرة ، تظهر طبقة بريدرم حقيقية فى الخلايا الواقعة تحت هذه الطبقات . وتمتد طبقة البريدرم هذه ، خلال الحزم الوعائية ، عن طريق نشاط الخلايا الحية والتيلوزات الموجودة بالأوعية ، وعلى مثال طبقة الانفصال لا يتصل بريدرم ندبة الورقة ببريدرم الساق — وتتكون فى السنة الثالثة طبقة بريدرم أخرى ، تحت الطبقة الأولى ، وعلى بعد منها ، وتتصل هذه الطبقة ببريدرم الساق ، ثم يحدث أن يتلجنن ويتسوبر النسيج الواقع بين طبقتى البريدرم مكان ندبة الورقة ، ويكون بذلك طبقة واقية ابتدائية داخلية (شكل ١٢٣ أ ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤) .

ويبدو هذا النوع من الانفصال بسيطا بدائيا ، اذ تتكون فى هذه الحالة ، قبل سقوط الورقة ، طبقة انفصالية فقط ، ولا يتضمن تكوين هـذه الطبقة أو الطبقة الواقية الابتدائية أى انقسام فى الخلايا ، كما لا تتكون أية طبقة واقية ، لا ابتدائية ولا ثانوية ، حتى تسقط الورقة ، وتبقى حول الندبة مساحة صغيرة دون وقاية بطبقات فلينية طوال فترة الشتاء .

جنس كتلبه :

يختلف الانفصـــال فى جنس كتلبه فى جنس الكستنا ، من حيث تكوين طبقة واقية ابتدائية بالاضافة الى طبقة الانفصال قبل سقوط الورقة . ويحدث فى هذه الحالة انقسام فى الخلايا ، أثناء تكوين كل من طبقة الانفصال ، والطبقة الواقية الابتدائية ، وتتأخر طبقة البريدرم فى الظهور بعد ذلك ، ولا يكون هذا عادة قبل العام الثانى (شكل ١٢٣ ب) .

جنس التامول :

ان أول تغير يمكن ملاحظته فى منطقة الانفصال ، قبل سقوط الورقة ، فى هذه الحالة ، هو الانقسام غير المنتظم فى خلايا طبقة غليظة ، سرعان ما تصبح ملجننة ومسوبرة مكونة طبقة واقية ابتدائية . وبعد ابتداء هذه العملية مباشرة ، يحدث انقسام فى الخلايا المجاورة الموجودة الى أعلى مكونة طبقة انفصال . وقبل سقوط الورقة مباشرة تتكون طبقة بريدرم رقيقة جـدا تحت الطبقة الواقية الأولى ؛

وتتصل ببريدرم الساق وفى هذه الحالة ، يمتد بريدرم الساق حتى طبقة الانفصال . وبعد سقوط الورقة ، يزداد البريدرم فى الغلظ ، وتمر الحزم الوعائية وما يرافقها من خلايا سكلرنشيمية خلال طبقة البريدرم هذه . وفى العام الثانى تتكون طبقة بريدرم جديدة ، تحت الطبقة الأولى وتمتد خلال الحزم الوعائية ، وتتصل ببريدرم الساق .

ولا شك أن الظروف التركيبية المرتبطة بالانفصال والوقاية فى جنس التامول ، أكثر تعقيدا بمقارنتها بالحالات الأخرى المشروحة آنفا . اذ تتكون خلايا جديدة فى الطبقتين معا ، الواقية الابتدائية والانفصال . وبذلك توجد هاتان الطبقتان وطبقة البريدرم جميعا ، قبل سقوط الورقة ، كما توجد أيضا على بعد من طبقة الانفصال ، طبقة ملجننة ، وتوجد هذه الطبقة فى كثير من الأحيان فى نباتات أخرى (شكل ١٢٣ ج) .

جنس الحور :

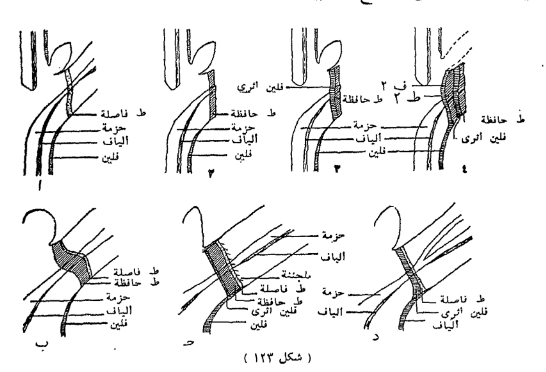
يحدث عند اقتراب سقوط الأوراق ، أن ينشط صفان أو ثلاثة من الخلايا فى منطقة الانفصال . فتنقسم الخلايا البعيدة بغير نظام لتكون طبقة الانفصال ، أما الخلايا القريبة فتنقسم بانتظام لتكون طبقة الفلوجين ، وتصبح طبقة البريدرم المتكونة بهذه الطريقة مستمرة مع بريدرم الساق ، اذ تمتد طبقة البريدرم هذه الى طبقة الانفصال برغم بقاء نقطة التحام الطبقتين واضحة . ثم تتكون فى السنة الثانية طبقة بريدرم أخرى تحت الطبقة الأولى .

وبذلك يحدث فى نبات الحور ، أن تتكون طبقة الانفصال ، عن طريق انقسام غير منتظم فى الخلايا ولا تظهر حينئذ طبقة واقية ابتدائية ، بل يتكون بريدرم قبل الانفصال ، وهذا البريدرم الأول يتصل ببريدرم الساق ، ويحتمل أن يكون هذا الاتصال المباشر لندبة الورقة ببريدرم الساق نوعا راقيا من التراكيب الواقية . والمعروف حتى الآن ، أن لنباتى الصفصاف والحور وحدهما هذا النوع من الانفصال (شكل ١٢٣ د) .

وفى النباتات العشبية التى يحدث فيها انفصال للأوراق مثل نبات كولياس[١] تكون طريقة انفصال الأوراق أساسا ، كتلك التى تحدث فى النباتات الخشبية ،

(١) Coleus

فيما عدا أن طبقة الانفصال لا تتكون قبل سـقوط الأوراق بوقت كاف ، كما يحدث فى كثير من الأنواع الخشبية .



(شكل ١٢٣)

أشكال تخطيطية لانفصال الاوراق فى النباتات الخشبية من ذوات الفلقتين : ١ ، ب الى د قطاعات قطرية فى جزء المنطقة العقدية قبل سقوط الورقة أ١ الى أ٤ بعد سـقوط الورقة (١) فى نبات الكستنا أ١ يبين امتداد طبقة الانفصال خلال الحزمة الوعائية ولا تحتوى الحزمة على خلايا سكلرنشيمية فى منطقة الانفصال . أ٢ بعد الانفصال مباشرة مبينا طبقة واقية ابتدائية تحت سطح الندبة . أ٣ طور فى أواخر الخريف مبينا بريدرم ندبة لورقة تحت الطبقة الواقية الابتدائية أ٤ طور السنة الثانية مبينا نفس الطبقات المبينة فى أ٣ وبالاضافة الى ذلك طبقة البريدرم ابتدائى وبريدرم ندبة الورقة للسنة الثانية وقد اتصل هذا البريدرم الاخير ببريدرم الساق . (ب) فى نبات كتلبة : مبينا طبقة الانفصال وطبقة واقية ابتدائية . (جـ) فى نبات التامول : مبينا طبقة ملجننة وطبقة انفصال وطبقة واقية ابتدائية وبريدرم ندبة الورقة متصلا ببريدرم الساق الذى يمتد الى طبقة الانفصال . (د) فى نبات الحور : مبينا بريدرم ندبة الورقة تحت طبقة الانفصال مباشرة ومتصلا ببريدرم الساق الذى يمتد حتى طبقة الانفصال ـ (ط . أ طبقة انفصال ، ح . وحزمة وعائية س . سكلرنشيمة) (ب . س) بريدرم الساق ، ط . و . أ طبقة ابتدائية . ٢ ط . و . أ طبقة واقية ابتدائية للسنة الثانية . (ب . ن . و) بريدرم ندبة الورقة . ٢ ب . ن . و بريدرم ندبة الورقة للسنة الثانية . (ط . م) طبقة ملجننة

انفصال الأجزاء الزهرية :

يحـدث فى النباتات الزهرية أن تسـقط الأجزاء الزهرية مثل البتـلات والأسدية وفى أحيان كثيرة تسقط الأجزاء الزهرية الأخرى عن طريق الانفصال . ولا يختلف كثيرا انفصال هذه الأجزاء عن انفصال الأوراق فى النباتات العشبية ، اذ تتكون فعلا طبقة انفصال ولكن ليس قبل سقوط الطرف الزهرى بوقت طويل

كما أنه ليس هناك ذلك التخصص والتباين فى الطبقات ، تلك الظاهرة التى تلازم انفصال الأوراق ، فى نباتات ذوات الفلقتين الخشبية .

انفصال السوق :

قد تفقد كثير من النباتات ــ بالاضافة الى الأوراق والأطراف الأخرى ــ أجزاء من سوقها عن طريق الانفصال . قد تكون هذه الأجزاء غير ناضجة وقد تكون سوقا عشبية ليس لها نسيج وعائى صلد أو نسيج سكلرنشيمى ، كما فى الأزهار والثمار الغضة ، كما أنها قد تكون ناضجة وخشبية وبها أنسجة صلدة جيدة التكوين كما فى الفروع الورقية لنباتى الحور [١] والدردار [٢] وسوق المجموعات الثمرية فى نبات كستناء الحصان [٣] وفى حوامل الثمار الناضجة فى نباتات التفاح والكمثرى والبرقوق والجوز [٤] » .

وتسبب الظروف غير الملائمة للنمو عملية الانفصال أو تعجل بها ، كما أن الظروف الملائمة تميل الى منع أو تأخير هذه العملية . كما أن الافتقار الى التلقيح أو الاخصاب قد يسبب سقوط الأزهار . وقد تسبب الظروف السيئة للنمو سقوط الثمار الغضة (على أن العوامل التى تسبب سقوط الثمار الناضجة سواء كان ذلك مبكرا أو متأخرا لا زالت غير مفهومة فهما كاملا) وقد تسقط بعض الأجزاء المسنة عن طريق الانفصال .

انفصال السوق غير تامة النمو والسوق العشبية :

لا تظهر منطقة الانفصال بشكل محدد فى السوق التى تحتوى على أنسجة رخوة ، كما أنها لا تظهر الا قبل الانفصال مباشرة ، ويختلف مكان ظهور طبقة الانفصال هذه ، حتى فى النبات الواحد ، فمثلا فى زهرة التفاح قد تتكون طبقة الانفصال فى أى مكان فى قاعدة الحامل الزهرى . وتمر خلايا طبقة الانفصال بتغيرات شبيهة بتلك التى تحدث عند انفصال الأوراق . اذ يحدث الانفصال بطريقة بسيطة وذلك بتكوين طبقة انفصال مباشرة قبل سقوط الأزهار والثمار الغضة وقمم السوق المورقة . وتتميز أجناس كثيرة من النباتات بسقوط أطراف سوقها . وليس لهذه النباتات نمو معين مثل شجرة السماء والتوت والماس [٥] .

(١) Poplar
(٢) Elm
(٣) Horse chestnut
(٤) Walnut
(٥) Ulmus

انفصال السوق الخشبية :

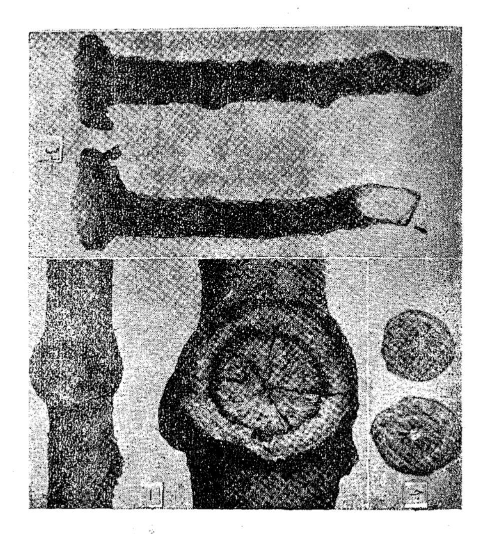
تستطيع نسبة بسيطة فقط من الفروع الصغيرة بالسوق الخشبية أن تبقى حية لمدة تزيد على بضع سنوات . اذ تتعلق الفروع الصغيرة الميتة بالأفرع الكبيرة والجـذوع فى معظم النباتات حتى تتكسرأو تتحلل . وفى نبـاتات أخرى مثل الحور [١] والماس [٢] والبلوط [٣] والأجاث [٤] يحدث سـقوط الأفرع عن طريق الانفصال ولذلك توجد فى هذه النباتات منطقة انفصال محددة تقل فيها الى درجة كبيرة الأنسجة الصلدة فتتكون خلالها طبقة الانفصال . وفى جنسى الحور والماس وبعض الأجناس الأخرى تكون الأفرع ، التى تنتزع بالانفصال قرب نهاية موسم النمو تكون حية وربما تحمل عددا كبيرا من الأوراق . ويختلف عمر الأفرع عند سقوطها من نبات الى آخر ففى نبات الحور يتراوح عمر الأفرع المنفصلة من عام الى عشرين عاما ، أما فى نبات المـاس الأمريكى [٥] فيتعذر أن يزيد عمر الأفرع المنفصلة عن سبعة أو ثمانية أعوام . كما يختلف أيضا حجم الأفرع المنفصلة باختلاف النباتات . ففى نبات الحور يصل قطر أكبرهما الىحو اى سنتيمترين عند الندبة أما فى الأجاث وكاستيللوا [٦] فيصل الى خمسة سنتيمترات .

ويستحسن لفهم انفصال السوق الخشبية ، أن توصف بالأمثلة . ففى نبات الحور من نوع جرانديدنتاتا [٧] تنتفخ الأفرع الصعيرة عند القاعدة حيث تتصل بالجذع والفروع الرئيسية .(شكل ١٢٤) ويتركب معظم هذا الانتفاخ من قشرة ذات خـلايا برنشيمية مغلظة وبهـا خلايا حجرية ، ولكن ليس بها اليـاف (شكل ١٢٥ أ) . كما أن الأوعية الخشبية تقل فى العدد وتتكون بها نقر شبكية أو سلمية بدلا من النقر المستديرة العادية (شكل ١٢٥ ب) . ويقل تلجنن الأوعية والألياف والخلايا الأخرى وتكون جدرها مكونة من سليلوز فقط تقريبا . كما يدل على ذلك تأثرها بالأصباغ . وتكثر الخلايا البرنشيمية فى خشب هذه المنطقة أكثر من أىمكان آخر . وتتكون طبقة الانفصال فى الخلايا الحية منهذهالمنطقة، سواء فى الخشب أو فى الأجزاء الأخرى . أما خلابا الخشب التى لا تتكون فيها

---

(١) Populus
(٢) Ulmus
(٣) Quercus
(٤) Agathis
(٥) Ulmus americana
(٦) Castilloa
(٧) Populus grandidentata

طبقة الانفصال كالأوعية والألياف ضعيفة التلجنن ، فانها تتمزق نتيجة لتكوينها الكيمائى ولوجود التنقر السلمى العرضى بها .

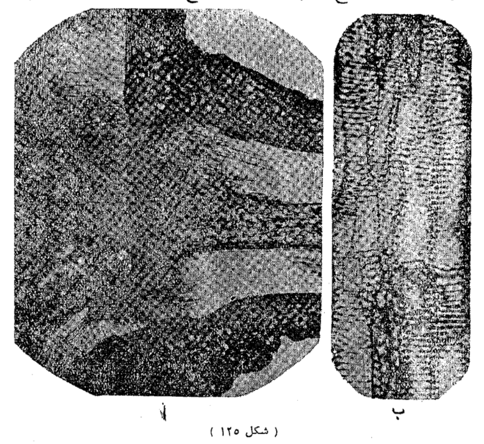


(شكل ١٢٤)

ندبات الانفصال على فروع نبات الحور مبينة السطح الاملس . (ا) الفرع الاصلى مبينا الندبة المقعرة فى منظر أمامى . (ب) فروع جانبية تبين القواعد المنتفخة والندبة المحدبة فى منظر جانبى . (ج) ندبات على فروع منفصلة فى منظر أمامى

وعند سقوط الفرع ، يكون سطحا الندبتين ملساويين (شكل ١٢٤) وذلك لأن الانفصال يمتد أساسا خلال الخلايا الحية الموجودة بالنسيج الوعائى ، وتتبع أسطحها طبقة الانفصال المنحنية (شكل ١٢٤ أ ، ب) . وتكون علاقة السطحين

الواحد بالآخر شبيهة بالعلاقة بين الكره والمفصل ذى الوقبة[1] ، فندبة الفرع المنفصل تكون ذات سطح محدب ، أما ندبة الفرع الأصلى فسطحها مقعر (شكل



(شكل ١٢٥)

انفصال الفروع فى الحور (ا) قطاع قطرى فى الفرع الاساسى والفرع الجانبى مبينا منطقة الانفصال وانتفاخ الفرع الجانبى عند القاعدة كما يبين القشرة البرنشيمية وبها سكلريدات وليس بها أليـاف ويبين أيضا تغير الاسطوانة الخشبية عند قاعدة الفرع الجانبى . (ب) أوعية سلمية منقورة مأخوذة من منطقة الانفصال فى أ ومكبرة تكبيرا كبيرا

١٢٤ أ ، ب) . وبعد سقوط الفرع أو قبله فى بعض الأحيان ، تتكون طبقة بريدرم مستمرة مع بريدرم الفرع الأصلى فى النسيج الحى الموجود تحت سطح الندبة مبـاشرة .

ولا يتحتم نتيجة تكون منطقة الانفصال فى الأفرع الجانبية سقوط هذه الأفرع ، ففى نبات الحور مثلا — بالرغم من تكوين منطقة انفصال واضحة فى جميع الأفرع الجانبية وما زالت غضة — فان الأفرع التى تتعرض الى كمية وافرة

---

(١) Ball and socket joint

من الضوء وتنمو نموا سريعا لا تسقط ، بل يحدث أن تنطمر منطقة الانفصال الضعيفة والمكونة من نسيج رخو ، ثم تتقوى عن طريق الحلقات السنوية من الخشب العادى التى يتكون بعد ذلك . وعندما تموت هذه الأفرع بعد أن تكون قد عمرت فترة من الزمن فانها لا تنفصل بل تبقى حتى تتحلل .



(شكل ١٢٦)

قطاع قطرى فى نبات الماس الامريكى مار بمنطقة انفصال الفرع بعد تكوين نبقة البريدرم الواقية . ويبدو من الشكل أن البريدرم (النسيج الباهت) قد امتد على سطح الندبة كله . كما تبدو البقايا المزقة من النسيج الوعائى والقشرة على سطحه الخارجى وقد انفصلت بعد أن تكونت طبقة فلوجين تحت سطح الجرح بقليل . كما يبدو الفلين المتكون سميكا فوق العمود الوعائى ومالئا المنطقة الوسطى المقعرة ورفيعا فى المناطق القشرية

وفى نباتى الماس والبلوط تشبه عملية الانفصال الى حد كبير تلك التى تحدث فى نبات الحور فيما عدا موضع تكوين البريدرم بالنسبة للجرح فانه يظهر على غور بعيد فى منطقة الانفصال (شكل ١٢٦) وفى نبات ديركا بالوستريس (٢) يتكون البريدرم تحت الندبة فيفصل أطراف الأوعية والألياف المقطوعة ويقوم الى حد كبير بمهمة طبقة الانفصال .

---

(١) Ulmus americana

(٢) Dirca palustris

وهناك طريقة أخرى لانفصال الأفرع الحية ، تختلف عن الانفصال السابق وصفه ، وتوجد هذه الطريقة فى بعض أنواع الصفصاف مثل الصفصاف الأسود والصفاصاف الهش ، اذ لا تتكون منطقة انفصال بل تظهر فوق قاعدة الأفرع الصغيرة منطقة ضعيفة تكون القشرة فيها أغلظ بكثير منها فى السلامية العادية ، وتفترق فيها القشرة واللحاء الى سكلرنشيمة متليفة ، فى حين يوجد هذا النسيج بوفرة فى غير هذه المنطقـــة من الفرع . كما أن الخشب يكون أقل تلجننا عنـــه فى السلامية العادية . وتتيجة لهذا الضعف فى التركيب ، فان أى ضغط خارجى يسبب تمزق الفرع عبر المنطقة الضعيفة ، ولا يتبع سقوط الفرع فى هذه الحالة تكوين طبقة بريدرم ملساء فوق الجرح ، كما هى الحال فى بعض النباتات التى تنفصل فروعها ، وتبقى قاعدة الفرع كنتوء ميت ثم تنطمر بعد ذلك عن طريق النمو الثانوى للساق الرئيسية .

وقد يحدث تحت الظروف الملائمة ، أن تبقى الفروع التى تتكون فيها مثل هذه المناطق الضـــعيفة مدى الحياة . كما يحدث فى الفروع التى بها مناطق انفصال . وفى هذه الحالة يضاف خشب جديد كل عام حتى تصبح فروعا قوية .

وفى حامل الثمرة الناضجة فى نبات التفاح ، تتكون منطقة انفصال عند اتحاد الحامل مع قاعدة مجموعة الثمار . ويشـــبه التغير الذى يحـــدث لهذه المنطقة ما حدث فى مناطق الانفصال فى الأفرع الخشبية بوجه عام أى اختزال الأنسجة الوعائية والليفية وزيادة كمية البرنشيمة . وعند النقطة التى تتكون فيها طبقة الانفصال يضيق الحامل الزهرى فى القطر ويحدث التمزق خلال طبقة الانفصال والأنسجة الوعائية الضعيفة فيها ، أى اختزال الأنسجة الوعائية والليفية وزيادة كمية البرنشيمة . وعند المنطقة التى تتكون فيها طبقة الانفصال يضيق الحامل الزهرى فى القطر ويحدث التمزق خلال طبقة الانفصال والأنسجة الوعائيـــة الضعيفة فيها .

وقد تنفصل النورات الناضجة بجملتها بطريقة مماثلة،كما فى النبات الكستنا والبلوط والصفصاف ، أو تظل متصلة بالنبات الأصلى ، حتى تســـقط بالذبول أو التحلل ، كما فى السماق[١] وليلاك[٢] .

---

(١) Sumach

(٢) Lilac

REFERENCES — المراجع

ARTSCHWAGER, E. F. : Anatomy of the Potato plant, with special reference to the ontogeny of the vascular system, *Jour. Agr. Res.*, **14**, 221-252, 1918.

——: Studies on the potato tuber, *Jour. Agr. Res.*, **27**, 809-835, 1924.

BLOCH, R. : Wound healing in higher plants, *Bot. Rev.*, **7**, 110-146, 1941.

CLEMENTS, H. F. : The morphology and physiology of the pome lenticels of *Pyrus Malus*, *Bot. Gaz.*, **97**, 101-117, 1935.

DEVAUX, H.: Recherches sur les lenticelles, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 8 sér., **12**, 1-240, 1900.

DOULIOT, H. : Recherches sur le periderm, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, **10**, 325-395, 1889.

FOUILLOY, E. : Sur la chute des feuilles de certaines monocotylédones, *Rev. Gén. Bot.*, **11**, 304-309, 1899.

GILSON, E. : La subérine et les cellules du liège, *La Cellule*, **6**, 67-114, 1890.

HÖHNEL, VON, F. R. : Ueber den Ablösungsvorgang der Zweige einiger Holzgewächse und seine anatomischen Ursachen, *Mitt. Förstlich. Versuchswesen Oesterr.*, **1**, 255-282, 1878.

——: Ueber den Kork und verkorkte Gewebe überhaupt, *Sitzungsber. Kais. Akad. Wiss.*, **76**, 507-662, 1877.

KLEBAHN, H. : Die Rindenporen. Ein Beitrag zur Kenntniss des Baues und der Function der Lenticellen und der analogen Rindenbidungen, *Jenaische Zeitsch. Naturwiss.*, **17**, 537-592, 1884.

KUHLA, F. : Ueber Entstehung und Verbreitung des Phelloderms, *Bot. Centralbl.*, **71**, 81-87, 113-121, 161-170, 193-200, 225-230, 1897.

LEE, E. : The morphology of leaf fall, *Ann. Bot.*, **25**, 51-106, 1911.

LLOYD, F. E. : Abscission in *Mirabilis Jalapa*, *Bot. Gaz.*, **61**, 213-230, 1916.

MACDANIELS, L. H. : Some anatomical aspects of apple flower and fruit abscission, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **34**, 122-129, 1937.

MASSART, J. : La cicatrisation chez les végétaux, *Mém. Cour. et autres Mém. Acad. Roy. Belgique*, **57**, 3-68, 1898.

MOHL, VON, H.: Ueber die anatomische Veränderungen bes Blattgelenkes welche das Abfallen der Blätter herbeiführen, *Bot. Zeit.*, **18**, 1-7, 9-17, 1860.

———: Einige nachträgliche Bemerkungen zu meinem Aufsatze über den Blattfall, *Bot. Zeit.*, **18**, 132-133, 1860.

———: Ueber den Ablösungsprocess saftiger Pflanzenorgane, Bot. Zeit, **18**, 273-277, 1860.

MYLIUS, G. : Das Polyderm. Eine vergleichende Untersuchung über die physiologischen Scheiden : Polyderm, Periderm, und Endodermis, *Bibl. Bot.*, **79**, 1-119, 1913.

NAMIKAWA, I. : Contributions to the knowledge of abscission and exfoliation of floral organs, *Jour. Coll. Agr. Hokkaido Imp. U.*, **17**, 63-131, 1926.

OLIVIER, L. : Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **11**, 5-133, 1881.

PARKIN, J. : On some points in the histology of monocotyledons, *Ann. Bot.*, **12**, 147-154, 1898.

PFEIFFER, H. : Die pflanzlichen Trennungsgewebe, *In* Linsbauer, K. : " Handbuch der Pflanzenanatomie, " V, 1928.

PHILIPP, M. : Uber die verkorkten Abschlussgewebe der Monokotylen, *Bibl. Bot.*, **92**, 1-28, 1924.

PRIESTLEY, J. H., and L. M. WOFFENDEN : Physiological studies in plant anatomy, V, Causal factors in cork formation, *New Phyt.*, **21**, 252-268, 1922.

SAMPSON, H. C. : Chemical changes accompanying abscission in *Coleus Blumei*, *Bot. Gaz.*, **66**, 32-53, 1918.

TISON, A. : Recherches sur la chute des feuilles chez les dicotyledonées, *Mém. Soc. Linn. de Normandie*, **20**, 121-327, 1900.

VAN TIEGHEM, P. : Sur les diverses sortes de méristèles corticales de la tige, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9 sér., **1**, 33-44, 1905.

WEISSE, A. : Ueber Lenticellen und verwandte Durchlüftungseinrichtungen bei Monocotylen, *Ber. Deut. Bot. Ges.*, **15**, 303-320, 1897.

WETMORE, R. H. : Organization and significance of lenticels in dicotyledons, *Bot. Gaz.* **82**, 71-88, 113-131, 1926,

الفصل العاشر

الجــذر

يطلق على ذلك الجزء من محور النبات ، الذى ينمو عادة تحت سطح التربة ، لفظ « الجذر » ، وذلك تميزا له عن الجزء الهوائى من المحور ، المعروف ، بالساق . وبديهى أن هناك جذورا هوائية ، كما أن هناك سوقا أرضية ، غير أنه من وجهة النظر التشريحية ، توجد فروق أساسية بين الجذر والساق ، فى ترتيب وطريقة تكوين الأنسجة الابتدائية : فالخشب الابتدائى فى الجذر خارجى الخشب الأول ، وذلك على النقيض من الحالة الداخلية للخشب الأول الموجودة فى الساق (عاريات وكاسيات البذور النموذجية) ، كذلك تترتب الأنسجة الوعائية فى الجذر ترتيبا قطريا ، فى حين أن حزم الســاق جانبية ، أو جانبية ذات لحائين ، أو مركزية . بالاضافة الى ذلك ، تختلف الجذور عن الســوق فى أنها لا تحمل زوائد تقابل الأوراق ، ولا تعطى أزهارا بصورة مباشرة ، ولا توجد بها ثغور ، وتكون فروعا جانبية من نسيج دائم نسبيا فى البريسيكل ، أكثر منه من المرستيم الأولى عند القمة النامية . وثمة اختلافات أخرى هى وجود القلنسوة الجذرية ، وهى تركيب غير موجود فى الســوق اطلاقا ، ووجود الاندودرمس بصــورة عامة تقريبا ، وهو كثيرا ما يكون غير ممثل فى الساق ، كما أن طبقة البداءات البريديرمية ، تنشأ فى الجذور من البريسيكل عادة ، وهى حالة لا توجد فى الساق الا نادرا .

وظيفة الجذر : للجذر وظيفــة مزدوجة . فهو من النــاحية الفسيولوجية عضو النبات الماص ، يمتص الماء والأملاح الذائبة ويوصلها الى الساق ، كما أنه يعمل كعضو ادخار للمواد الغذائية التى تنتقل اليه من الأوراق . أما من الناحية الميكانيكية ، فانه يثبت النبات ويحفظ الساق فى وضــع يمكن معه حمل مساحة ورقية كبيرة . والجذر من الناحية التركيبية ، ذو أثر فعال فى التدعيم بالنســبة لقدرته على الشد ، وقابليته للالتواء ، وكثرة تشعبه داخل التربة . ويحدث الجزء الأكبر من الامتصاص بالانتشار ، خلال جدر الشعيرات الجذرية ، هذا على الرغم

من أنه فى بعض النباتات ــ كأنواع جنس الشقيق [١] مثلا ــ تكون الشعيرات معدومة ، ويدخل الماء الى الجذر خلال البشرة الرقيقة . وقد يمتص الماء أيضا بشرة الجذر ، فى المنطقة البعيدة عن منطقة الشعيرات الجذرية . وفى العادة تكون الجذور المسنة،والجذور التى حدث فيها تغلظ ثانوى ، غير قادرة على الامتصاص لوجود البريديرم ، وتؤدى فقط وظائف التوصيل والتدعيم والادخار . وقد يحدث الادخار فى قشرة ولحاء وخشب الجذور النموذجية ، أو فى الجذور اللحمية المتخصصة ، كجذور البطاطا والجزر . ويوجد أيضا نشا كثير فى جذور النباتات العشبية المعمرة ، فى وقت كمون القمم أو عدم وجودها .

الشكل العام للجذور : الجذور على درجة كبيرة من التنوع ، فى الشكل والتركيب . وقد يرتبط هذا التنوع مباشرة بالوظيفة أو يكون من خصائص النوع . والجذور ذات الوظيفة أو التركيب الواضح هى الجذور الاختزانية ، واللحمية ، والليفية ، والمائية ، والدعامية ، والوتدية ، والهوائية ، والماسكة . وتوجد عادة فى الأنواع المختلفة من النباتات مجموعات جذرية ذات تركيب وصفات مميزة ، غير أن العوامل البيئية ــ وبخاصة رطوبة التربة ونوعها ــ قد تحدث تغيرا كبيرا . فالنباتات التى تنمو فى تربة جافة ، مثلا ، تحتوى عادة على مجموع جذرى ممتد الى درجة تفوق كثيرا نباتات نفس النوع ، التى تنمو فى تربة رطبة . وفى بيئة طبيعية تعيش فيها أنواع مختلفة من النباتات تكون التربة مشغولة بمجاميع جذرية متباينة ــ فبعض الأنواع يشغل سطح التربة ، بكتل من الجذور الليفية ، وبعضها ذات جذور وتدية متفرعة ، الى فروع متباعدة ، تشغل أجزاء التربة الأكثر عمقا ، أما الأعشاب الصغيرة ، فتشغل الجيوب السطحية بمجاميع جذرية موسمية أو مؤقتة .

ويتفاوت طول الوقت الذى يقوم فيه الجذر بوظيفته ، كعضو ماص ، على حسب نوع النبات . ففى كثير من النباتات العشبية ، وبخاصة الابصال الربيعية والأزهار ، والأعشاب ذات الجذور الاختزانية ، تنمو الجذور الليفية نموا سريعا لوقت قصير ، ثم تموت بعد ذلك . وجذور الزنابق والنرجس ، يبدأ فيها النمو فى الخريف ، ويستمر فى الربيع المبكر . ثم تموت فى الصيف المبكر . وقد يوجد فى النباتات الخشبية أيضا تجدد حولى لجذور صغيرة أو « طاعمة » تموت فى نهاية

(١) Ranunculus

فصل النمو ، تاركة الجزء المستديم من المجموع الجذرى . ومن المحتمل أن يوجد فى معظم النباتات المعمرة تجدد للجذور « الطاعمة » .

الجذور الابتدائية والثانوية : يعرف الجزء من المحور الرئيسى للنبات الذى ينمو الى أسفل فى التربة بالجذر الابتدائى ، وفروع هذا الجذر الثانوية . وتختلف الجذور الابتدائية والثانوية فى طريقة نشأتها . فالجذر الابتدائى موجود فى المراحل المبكرة للبادرة ، وفى بعض النباتات يكون موجودا فى الجنين داخل البذرة . وتنشأ المنطقة القمية النامية فى الجذر الابتدائى كجزء من الجنين، ويكون لأحد طرفى المحور تركيب جذرى ، أو على الأقل مرستيم القمة الجذرية . أما أصل الجذور الثانوية كتراكيب جانبية ، فستأتى دراسته فى هذا الفصل .

وتتكون بين الجذر والساق منطقة انتقال أو تحول ، يتحول فيها الخشب ، خارجى الخشب الأول ، والتركيب القطرى الخاصان بالجذر ، الى التركيب العادى للساق .

النشوء التكوينى للجذر : المراحل المبكرة فى تكوين الجذور ، مشروحة فى الفصلين الثالث والخامس ، ويتضمن الفصل الرابع دراسة تكوين بعض الأنسجة الابتدائية ، والانتقال من المرستيم الأولى الى الأنسجة المستديمة فى الجذور يشبه مثيله فى السوق . ويكون الترتيب القطرى للخشب واللحاء الابتدائيين ، وكذلك يكون التكشف فى اتجاه المركز ، واضحين بمجرد تميز خلايا الكمبيوم الأولى . وأولى الخلايا البالغة هى عناصر اللحاء الأولى . وتستمر خلايا منشئة البشرة فى الانقسام بجدر متعامدة الى أن تنضج الخلايا الوعائية التى تكونت مبكرا . وعندما يتوقف الانقسام فى هذه الخلايا ، يبدأ تكون الشعيرات الجذرية . وتشبه أنسجة الجذر الابتدائية البالغة — باستثناء ترتيب الأنسجة الوعائية ونظام تكوينها — مثيلاتها فى الساق . ويكون النخاع غير موجود عادة فى جذور ذوات الفلقتين — الا فى الجذر الابتدائى للبادرات وبعض الجذور الاختزالية — غير أنه يوجد بصفة عامة فى ذوات الفلقة الواحدة .

القلنسوة الجذرية : يوجد التركيب المتخصص المعروف بالقلنسوة الجذرية على قمم الجذور فى كل النباتات تقريبا . وقد سبقت دراسة الطريقة التى تنشأ بها القلنسوة فى الفصل الثالث . وتعمل القلنسوة كغلاف واق ، متجدد

باستمرار ، يقى مرستيم الجـذر الابتدائى ، عندما يدفع داخل التربة . وخلايا القلنسوة الجذرية بسيطة ، وتكون نسيجا برنشيماتيا متجانسا عادة ، خلاياه قصيرة العمر . وليس لهذه الخلايا ترتيب معين أو قد تترتب فى صفوف متجهة الى الخارج بعيدا عن البداءات . وفى بعض الأجناس التى تحتوى على مثل تلك الصفوف قد تبرز الكتلة المركزية بترتيب أكثر تحديدا وتعرف حينئذ بالعميد . وفى بعض الأحيان يعتبر هذا التركيب المفتقر الى التحديد ، كمنطقة موجهـة لقمة الجذر ، غير أن وظيفة التوجيه لا يمكن أن تعزى الى هذا الجزء من القلنسوة، لأن كثيرا من النباتات لا توجد بها مثل تلك المنطقة ، كما أن بعضها يحوى جميع المراحل فى تميزها . (وقد اقترح مصـطلح جديد هو ، ستالاس[1] ليحل محل مصطلح « العميد » الذى يستخدم بطريقة مخالفة فى علم الشكل) .

ويتجدد تركيب القلنسوة بصورة مستمرة ، فخلاياها الخارجية — التى تموت ويتفكك بعضها من بعض ـ تسقط بتفتتها وانحلالها ، ويحل محلها عند سقوطها خلايا جديدة ، تكونها البداءات . ومما يذكر أن الخلايا الخارجية المفككة للقمة ، ذات طبيعة مخاطية . وتوجد القلنسوة فيما يبدو فوق جميع الجذور ، فيما عدا جذور بعض النباتات المتطفلة وجذور النباتات ذات الجذر فطريات . وتحتوى جذور بعض النباتات المائية ، على قلنسوات أثرية وهى حديثة ، غير أنه سرعان ما تموت البداءات ، وتختفى القلنسوة .

الشعيرات الجذرية : ان أهم الخواص المميزة لبشرة الجذور ، هى الجـدر الخلوية غير المتكوتنة ، وعدم وجود الكيوتيكل ، ووجود الشعيرات الجذرية (شكل ٧٨) ، وهى الأعضاء الماصة المتخصصة . وتنحصر الشعيرات الجذرية فى الغالبية العظمى من النباتات فى جزء من الجذر ، يوجد الى الخلف قليلا من القمة ، حيث تكون الاستطالة قد توقفت . وهى تدوم ، بوجه عام ، لوقت قصير فقط ، ثم تذوى الشـعيرات الجذرية المسنة ، أو تتحلل وتتكون بعيدا عنهـا شـعيرات جديدة ، على طول الجذر ، كلما ازداد فى الطول . وبهذه الطريقة تنضج الشعيرات الجذرية تدريجيا ، كلما بعدت أكثر فأكثر عن قاعدة الجذر ، وتتصل على الدوام بتربة جديدة . وفى بعض النباتات ، وبخاصة بعض الأعشاب المتخصصة والنباتات المـائية ، لا توجد شعيرات جذرية ، وحتى الجذور التى

---

(١) Stalace

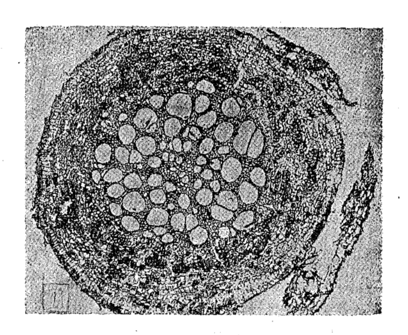
تتكون فيها عادة شعيرات جذرية عندما تنمو فى التربة ، قد تفتقر اليها عندما تنمو فى الماء . وعلى النقيض من ذلك ، يوجد فى عدد من النباتات - مثل نبات جلدتسيا [١] ونبات يوباتوريوم [٢] ونبات شيزيا [٣] - شعيرات جذرية دائمة ، قدتكون موزعة بوجه عام،أو محصورةالى درجة كبيرة فى أجزاء الجذور القريبةمن المركز . ويرتبط وجود الشعيرات الجذرية الدائمةبالنمو الثانوى القليل أو المعدوم وبغياب البريديرم . وبعد توقف الشعيرات الجذرية عن تأدية وظيفتها وسقوطها مباشرة ، تتسوبر البشرة ، أو طبقة تحت البشرة فى أكثر الأحيان ، مكونة طبقة واقية للجذر الأكبر سنا . وفى بعض النباتات ، كفصيلة الوعلان [٤] وبعض ذوات الفلقة الواحدة المتصلة بها ، تكون طبقة تحت البشرة شعيرات جذرية ثانوية فى منطقة الشعيرات الجذرية الابتدائية القديمة .

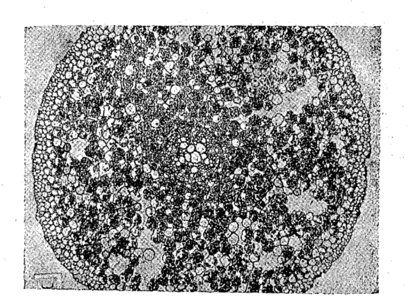
وعند تكوين الشعيرة الجذرية ينمو الجدار الخارجى لخلية البشرة ، مكونا تركيبا أنوبيا ضيقا يشبه الى حد ما أنبوبة اللقاح . والجدار الخلوى رقيق جدا وشفاف ، يكسب الشعيرة الجذرية مظهرا أبيض . ويمتد بروتوبلازم خلية البشرة داخل الامتداد الأنبوبى مكونا طبقة رقيقة من السيتوبلازم تبطن الجدار كله ، وتغلف الفجوة الكبيرة الداخلية . وتوجد النواة عادة بالقرب من وسط الأنبوبة أو طرفها البعيد . وعندما توجد الشعيرة الجذرية فى الماء أو الهواء الرطب ، حيث لا تعوقها عوائق صلبة ، تكون مستقيمة وتتخذ وضعا قائم الزاوية على محور الجذر . أما فى التربة ، فانها قد تتخذ أى شكل ما ، ويعتمد شكلها على اتصالاتها بحبيبات التربة (شكل ٧٨) . وفى أكثر الأحيان ، تلتصق الشعيرات الجذرية بحبيبات التربة التصاقا وثيقا ، لدرجة أنه يصعب ازالة تلك الحبيبات حتى بالغسيل .

قشرة الجذر : تتكون قشرة معظم الجذور كلية أو الى درجة كبيرة من خلايا برنشيمية غير متخصصة نسبيا (شكلا ١٢٧ و ١٢٨) . وقشرة الجذر بالنسبة لحجم المحور أغلظ منها فى الساق عادة ، ومن ثم تؤدى وظيفة الادخار بصورة أفضل . وفى بعض الجذور اللحمية يبلغ غلظ القشرة عدة مرات غلظ العمود الوعائى ، الذى يبدو كخيط أو عمود نحيل ممتد داخل نسيج القشرة . وقشرة

---

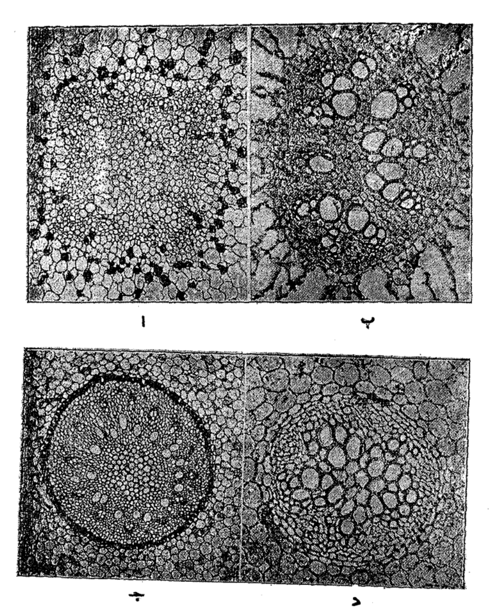
(١) Gleditsia triacantho
(٢) Eupatorium
(٣) Schizaea rupestris
(٤) Commelinaceae





(شكل ١٢٧)

تركيب الجذر كما يرى فى القطاع العرضى أ ، جذر خشبى لاحد أنواع جنس الحور يحتوى على قدر **كبير** من الانسجة الثانوية ، ويوضح تكون البريدرم فى البريسيكل كما تبين انسلاخ القشرة . ب ، **جذر** أحد أنواع جنس الشقيق لا يحتوى على أنسجة ثانوية ، ويوضح أن العمود الوعائى للاسطوانة **المركزية** خماسى الحزم ، والقشرة البرنشيماتية لحمية ، تحتوى على مسافات بينية كبيرة ، وتتسوبر **طبقاتها** الخارجية مكونة تحت بشرة ، أما البشرة فمتحللة . (الاجزاء المركزية لجذور مماثلة مكبرة فى شكلى ١٢٩ أ ، ١٢٨ د على التوالى)



(شكل ١٢٨)

التركيب الابتدائى للعمود الوعائى فى الجذور . أ ، جذر حديث من نبات الصفصاف الاسود (١) رباعى الحزم ، وفيه تكون الاجزاء الخارجية فقط من أشرطة اللحاء فى البالغة ، ويتميز اللحاء بصعوبة من البرنشيمية والكمبيوم الاولى ، ويظهر الاندودرمس ذو الجدر الرقيقة بوضوح . ب ، جذر عديد الحزم من جنس يوليجوناتم (٢)،ويوجد فيه نخاع صغير منتظم ، واللحاء والاندودرمس غير متميزين من الخلايا المحيطة بوضوح . ج ، جذرعديد الحزم من أحد أنواع سميلاكس(٣)، وفيه تبدو أشرطة اللحاء مصطبغة بلون داكن ، وأشرطة الخشب متميزة بصعوبة من الاسكلرنشيمة المطمورة فيها ، غير أن منطقة الخشب الاول الداكنة الاصطباغ ، والاوعية الداخلية المبينة يحددان الاشرطة ، ويوجد بالجذر نخاع كبير ، كما أن الاندودرمس ذا الجدر المغلظة يبدو واضحا ، د ، جذر خماسى الحزم لاحد أنواع جنس الشقيق ، لا يوجد فيه نخاع

(١) Salix nigra

(٢) Polygonatum biflorum

(٣) Smilax herbacea.

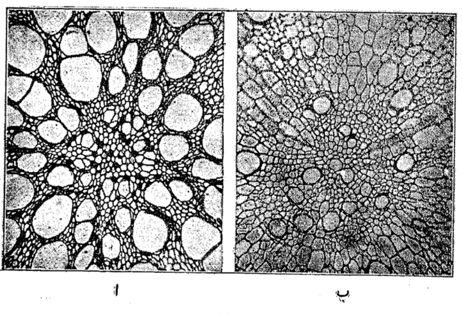
الجذر — بصفة عامة ليست بمثابة القشرة فى ساق نفس النوع وذلك لأن الاسكلرنشيمة ، توجد فيها بكمية قليلة نسبيا ، أو تكون معدومة . كذلك لا يكون نسيج القشرة فى الجذور كثيفا كقشرة السوق ، وذلك لاحتوائه على مسافات بينية أكثر . وتوجد عادة فى قشرة الجذر فى كثير من الأنواع النباتية خلايا افرازية ، وقنوات راتنجية ، وتراكيب أخرى مماثلة وفى الجذور التى لا تحتوى على نمو ثانوى ، قد تبقى القشرة لعدة سنين أو طول حياة الجذر ؛ وتوجد تلك الحالة فى جذور ذوات الفلقة الواحدة ، والتريديات ، وكثير من ذوات الفلقتين العشبية . أما اذا تكون نمو ثانوى بأية درجة — كما فى ذوات الفلقتين الخشبية وعاريات البذور ، وفى كثير من الأعشاب — أو عندما تتكون طبقة بريدرم داخلية ، فان القشرة سرعان ما تتمزق .

ويحد القشرة من الداخل طبقة الاندودرمس (شكل ١٢٨) ، وهى غالبا ما تعتبر جزءا منها . وتوجد هذه الطبقة بدون استثناء تقريبا فى الجسم الابتدائى للجذور . وقد سبق ذكر تركيبها ووظيفتها فى الفصل الخامس : ويتمزق الاندودرمس بعد حدوث النمو الثانوى مباشرة ، ومن ثم تكون حياته الوظيفية قصيرة ، فى الجذور التى تحتوى على نمو ثانوى .

البريسيكل فى الجذر : البريسيكل فى الجذور ، اذا قورن بالقشرة ، عبارة عن منطقة من النسيج ضيقة نسبيا . والخلايا المكونة له برنشيماتية الى درجة كبيرة ، وهى على الرغم من أنها تصبح مستديمة ، فى وقت مبكر أثناء تكوين الجذر ، الا أنها تتحول سريعا الى الحالة المرستيمية ، وتنشيء تراكيب جديدة بتكوينها لمرستيمات ثانوية . فالجذور الجانبية تنشأ من البريسيكل ، كما تتكون فيه أيضا فى معظم النباتات طبقة البريدرم الأولى . وفى كثير من النباتات يكون البريسيكل ، كما يرى فى القطاع العرضى ، عبارة عن حلقة متصلة من النسيج ، غير أنه فى نباتات قليلة تتصل أشرطة الخشب الابتدائى باندودرمس ومن ثم يتجزأ البريسيكل الى عدد من الأجزاء مساو لعدد أشرطة الخشب . والبريسيكل ، بوجه عام ، تركيب مستديم فى الجذور حتى اذا كان التغلظ الثانوى جيد التكوين ، وذلك لاضافة خلايا جديدة بانقسام البرنشيمة الموجودة ، ومن ثم لا تتمزق طبقته نتيجة النمو الداخلى . وهو ، من الوجهة التركيبية ، يشبه قشرة الساق

بعد نموها فى ظروف مماثلة . ومع استمرار النمو الثانوى فى جذور النباتات الخشبية المسنة ، تتكون طبقات البرديرم فى اللحاء ، ويسقط البريسيكل .

الأنسجة الوعائية الابتدائية للجذر : بالنظر للترتيب القطرى للخشب واللحاء الابتدائيين الذى تتميز به الجذور (شكل ١٢٨) ، فانه لا توجد فيها منـاطق أو حلقات مركزية من هذه الأنسجة تشبه تلك التى توجد فى الساق . ويكون الخشب — كما يشاهد فى القطاع العرضى — مجموعات من الخلايا ممتدة قطريا . وعند تكوين هذه الأشرطة من الخشب الابتدائى تكون أولى خلايا الكمبيوم الأولى التى تنضج الى خشب ، هى تلك الموجودة فى منطقة البريسيكل التالية للاندودرمس . ومن نقط الابتداء هذه تأخذ خلايا الخشب فى النضج تدريجيا



(شكل ١٢٩)

الاجزاء المركزية لجذور ذات أعمدة وعائية أولية ، تحتوى على تغلظ ثانوى . ا ، جذر خشبى لاحد أنواع جنس الحور ، رباعى الحزم ، وتمتد أطراف الخشب الاول المستدقة ذات الخلايا الصغيرة لمسافة بعيدة داخل الخشب الثانوى ، الذى يحيط بالخشب الابتدائى ، ولا يوجد حد فاصل الا عند قمة الخشب الابتدائى ب . جذر اختزانى لنوع من جنس تفروزيا[١] ، ثلاثى الحزم ، خشبه الابتدائى صغير الكمية ، يحتوى على وعاء مركزى ، وتوجد قمة الخشب الاول عند أطراف أشعة الخشب البرنشيماتية الواسعة ، ويتكون الخشب الثانوى الى درجة كبيرة من البرنشيمة .

---

(١) Tephrosia virginica

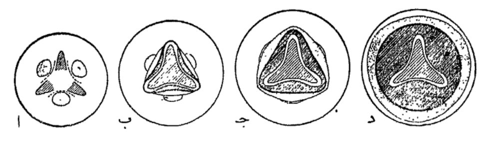
فى اتجاه مركز العمود الوعائى (شكل ١٢٨ أ ، ب) حتى تلاصق فى معظم النباتات مجموعات الخشب الأخرى (شكلا ١٢٨ د ، ١٢٩ أ) . ونظرا لهذا التتابع فى التكوين ، يكون أول ما يتكون من خلايا الخشب الأول موجودا عند الأطراف الخارجية . لأشرطة الخشب (شكل ١٢٨ أ ، ب) . ولا يوجد فى معظم الجذور نخاع ، غير أن جذور ذوات الفلقة الواحدة وبعض نباتات أخرى ، وبخاصة الأعشاب ، كثيرا ما تحتوى على نخاع (شكل ١٢٨ حـ) حتى عندما تكون الجذور لنفس النبات بدون نخاع .

ويتفاوت عدد أقواس أو أشرطة الخشب تفاوتا كبيرا ، فى المجموعات المختلفة من النباتات . ففى جذور ذوات الفلقة الواحدة ، يكون عدد الصفائح القطرية للخشب الابتدائى فى أكثر الأحيان خمس عشرة أو عشرين . وفى معظم ذوات الفلقتين ، خشبية وعشبية ، وفى عاريات البذور ، يوجد عدد قليل نسبيا من أشرطة الخشب الابتدائى . وتحتوى التريديات أيضا على عدد قليل من الأشرطة . وتعرف الجذور بأنها أحادية ، أو ثنائية ، أو ثلاثية ، أو رباعية ، أو خماسية ، أو عديدة الحزم ، عندما يكون عدد مجموعات الخشب واحدة ، أو اثنتين ، أو ثلاثا أو أربعا ، أو خمسا ، أو عديدة على التوالى (شكلا ١٢٨ و ١٢٩) . وعدد أشرطة الخشب واللحاء ثابت فى بعض الأنواع ، غير أن معظم الأنواع على درجة كبيرة من التنوع ، فمثلا ، تكون اما ثنائية الحزم أو رباعيتها ، أو ثلاثية الحزم أو سداسيتها ، وفى أحيان قليلة ، قد تكون خماسية أو سداسية . وغالبا ما تكون جذور النبات الواحد المختلفة متنوعة فى التركيب ، ففى بعض الصنوبريات على سبيل المثال ، تكون الجذور القوية والرئيسية رباعية الحزم ، أما الأخرى فثنائية ، وفى أقواع أخرى من الصنوبر توجد جذور سداسية الحزم ورباعيتها .

والعناصر الحلزونية والحلقية فى الخشب الأول للجذور أقل كثيرا فى العدد منها فى الخشب الأول للسوق ، ويحتمل أن يكون ذلك ، نتيجة لأن عددا من عناصر الخشب ، ينضج أثناء مرحلة الاستطالة ، فيكثر تكونها فى المنطقة الموجودة الى الخلف مباشرة من منطقة الاستطالة ، حيث لا تكون هناك استطالة . ومنطقة الاستطالة فى السوق سريعة النمو قد يكون ٨ أ و ١٠ سنتيمترات أو أكثر ، على حين تبلغ فى الجذور سنتيمترا واحدا أو أقل . والمنطقة التى يبلغ فيها الامتصاص أقصاه ، وهى المنطقة المغطاة عادة بالشعيرات الجذرية ، توجد خلف المنطقة التى

يحدث فيها نمو فى الطول . ومن الواضح أن وظيفة العناصر الحلقية والحلزونية فى الساق ، هى توصيل الماء والمواد الغذائية الى القمة الناميـــة . أما قمة الجذر فهى — على النقيض — محاطة بالتربة وتمتص الماء والمواد الغذائية مباشرة .

ويوجد اللحاء الابتدائى فى الجذور ، على هيئة أشرطة من النسيج ، ترقد بين صفائح الخشب الممتدة قطريا أوْ تتبادل معها (شكلا ١٢٨ أ ، ب ، ١٣٠ أ) . وفى العادة تكون مجموعات خلايا اللحاء الابتدائى ، كما ترى فى القطاع العرضى ،



(شكل ١٣٠)

رسم تخطيطى يوضح نشأة النمو الثانوى فى الجذور ، الخشب الابتدائى مخطط بخطوط متباعدة ، والخشب الثانوى مخطط بخطوط متقاربة ، واللحاء الابتدائى منقط تنقيطا دقيقا ، أما الثـانوى فمنقط تنقيطا غير دقيق ، والكمبيوم ممثل بخط ثقيل ، أما الاندودرمس والطبقات الاخرى فغير موضحة . أ ، جذر حـديث ، فيه الخشب الداخلى غير بالغ ، وقد نشأ الكمبيوم فى المواضـع الموضحة بالخطوط المتقطعة ، ب ، الكمبيوم وقد كون خشبا ولحاء ثانويين تحت اللحاء الابتدائى ، حيث ظهر أولا ، ونما جانبيا ، محيطا بقمم أشرطة الخشب ، حيث لم يتكون بعد أى نسيج ، وفى هذه المرحلة يسحق اللحاء الابتدائى ، حـ ، النمو الثانوى مستمر ، ويلاحظ أن الانسجة المتكونة حـول أشرطة الخشب تكمل أسطوانة الخشب واللحاء الثانويين الثلاثية الزوايا ، وفى هذه المرحلة يزداد سحق اللحاء الابتدائى ، د ، وباستمرار النمو الثانوى تصبح أسطوانة الكمبيوم مستديرة فى القطاع العرضى ، ويختفى اللحاء الابتدائى . (شريط البرنشيمة الممثل بين الخشب الابتدائى والخشب الثـانوى غير موجود عادة)

مستدير تقريبا أو مثلثة الشكل الى حد ما ، يفصلها عن مجموعات الخشب نسيج برنشـيماتى . وفى أكثر الأحيان ، لا تكون مجموعات الخلايا اللحائيـــة متميزة بوضوح بل تنغمس فى البرنشيمة المحيطة التى تشبهها . وأولى الخلايا المتكونة هى أنابيب غربالية ضيقة جدا ، سرعان ما تسحق وتمتص . والاتجاه الذى تنضج فيـه خلايا اللحاء الأول يكون عادة ، وربما دائما ، ناحية الداخل . وليس لنظام التكشف ، على ما يبدو أهميـــة مورفولوجية ، ولا تتميز أنواع كالتى توجد فى الخشب .

ويتركب اللحاء الابتدائى فى جذور كاسيات البذور من أنابيب غرباليـــة ، وخلايا مرافقـــة ، وخلايا برنشيمية ، وهو لا يختلف اختلافا جوهريا عن لحاء

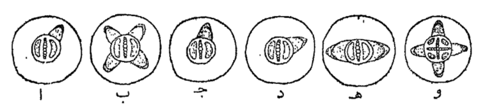
السوق فى نفس النوع . وفى كل اللحاء الابتدائى ، فى النباتات التى تتكون فيها أنسجة ثانوية ، يكون حجم العناصر صغيرا اذا قورن بحجم خلايا اللحاء الثانوى العادية . ولحاء جذور ذوات الفلقة الواحدة يكون فى العادة متميزا من البرنشيمة والاسكلرنشيمة المحيطة به ، بصورة أكثر وضوحا ، مما فى المجموعات النباتية الأخرى .

النمو الثانوى فى الجذور : ينشأ الكمبيوم . فى الجذور التى يوجد بها تغلظ ثانوى ، كأشرطة أو شرائح مرستيمية فى أنسجة الكمبيوم الأولى ، أو الأنسجة البرنشيماتية الموجودة بين اللحاء الابتدائى ومركز العمود الوعائى (شكل ١٣٠ أ) وتتكون فى هذه الحالة صفوف مماسية قصيرة من البداءات الكمبيومية ، التى تعطى خلايا خشب ثانوى ناحية الداخل ، وخلايا لحاء ناحية الخارج . ومن حدود هذه الشرائح الكمبيومية التى تكونت أولا تأخذ طبقة البداءات فى الامتداد جانبيا وذلك بتميز بداءات جديدة فى البرنشيمة الموجودة بين أشرطة اللحاء والخشب الابتدائيين ، حتى تلتقى قطع الكمبيوم فى البريسكل ، بين الخشب والاندودرمس (شكل ١٣٠ ب) . وبهذه الطريقة ، تتكون اسطوانة كمبيومية متصلة ، تبدو فى القطاع العرضى متعرجة ، نظرا لأنها تنحنى ناحية الخارج حول مجموعات الخشب الابتدائى ، ثم تنحدر الى الداخل تحت اللحاء الابتدائى . على أنه نظرا لأن الأنسجة الثانوية تتكون فى وقت أكثر تبكيرا وربما بصورة أسرع من أجزاء الكمبيوم الموجودة الى الداخل من اللحاء الابتدائى ، فان الكمبيوم سرعان ما يصبح أسطوانيا (شكل ١٣٠) . وبتكون الأنسجة الثانوية ، ينسحق اللحاء الابتدائى (شكل ١٣٠ ب، حـ) ويتمزق الاندودرمس . وفى العادة تمتص الخلايا المسحوقة مباشرة . أما الخشب الابتدائى فيبقى كاملا ، ويرى بسهولة فى الجذور المسنة محاطا بالخشب الثانوى (شكل ١٢٩ أ) .

ولا تختلف الأنسجة الوعائية الثانوية فى الجذر اختلافا جوهريا عن مثيلاتها فى الساق . ومن البديهى أن الاختلافات الموجودة تلائم التباين فى الوظيفة ، فالساق تعمل كركيزة لمساحة ورقية كبيرة فى الهواء الجاف . فى حين يعمل الجذر كأداة تثبيت فى التربة الرطبة وكعضو ادخار . وخشب الجذور ، اذا قورن بخشب السوق ، يحتوى على أوعية أكبر وأكثر عددا وذات جدر رقيقة ، كما يحتوى على الياف أقل ، وبرنشيمة أكثر ، وأشعة أكبر وأوفر عددا ، أما اللحاء فيحتوى

على خلايا اسكلرنشيمية أقل وبرنشيمة اختزانية أكثر . وترتيب عناصر الخشب واللحاء فى الأنسجة الثانوية فى الجذور يتفق فى جوهره مع ترتيبها فى سوق نفس النوع . •

تكوين الجذور الجانبية : سبق أن ذكرنا أن احدى الخصائص التى تميز الجذور عن السوق ، هى طريقة تكوين زوائد المحور الجانبية . ففى السوق ، تتكون بداءات الفروع والأوراق فى المرستيم القمى للقمة النامية ، على حسب نظام معين . أما فى الجذور ، فعلى النقيض من ذلك ، لا تتكون فروع أو زوائد من أى نوع فى المرستيم عند القمة ، وعندما تتكون جذور جانبية ، فانها تنشأ فى أنسجة مستديمة نسبيا ، وبدون نظام محدود ، بالنسبة لبعضها البعض ، فيما عدا التعاقب القمى العادى . وتتكون الجذور الجانبية بصورة وفيرة عادة فى المنطقة الموجودة خلف منطقة الشعيرات الجذرية مباشرة .



(شكل ١٣١)

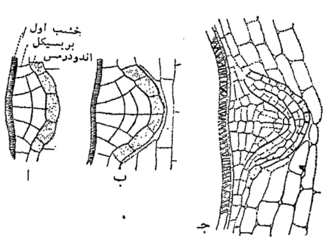
رسوم تخطيطية توضح مواضع نشأة الجذور الجانبية . أ ـ هـ ، المواضع المختلفة التى توجد فى عاريات وكاسيات البذور عندما يكون الجذر محتويا على أقل من ثلاثة أشرطة من الخشب ، و ، الوضع (مقابل اشرطة الخشب) الموجود فى جذور كل النباتات الوعائية التى تحتوى على ثلاثة أشرطة خشبية أو أكثر . (عن فان يتجهم ودوليوت)

وتوجد شواذ فى النباتات المائية ، كجنس الياسنت المائى[1] ، الذى تنشأ فيه الجذور الجانبية من البريسكيل غير البالغ ، أمام منطقة الاستطالة . ومن الواضح أن هذه النشأة تكون غير ممكنة فى جذر محاط بالتربة ، اذ أن الجذور الجانبية ، تمتد بزوايا قائمة على الجذر الوالد . وتكون الجذور الجانبية بدورها شعيرات جذرية وجذورا جانبية فيما بعد . وبهذه الطريقة يصل المجموع الجذرى المتفرع الى جميع أجزاء التربة المحيطة .

والجذور الجانبية داخلية النشأة ، بمعنى أن مرستيمات الجذور تتكون فى الأنسجة الداخلية للجذر الوالد ، ولا يظهر الجذر الجانبى الى الخارج الا بعد بدء نموه بفترة وتنشأ المرستيمات فى كاسيات البذور وعارياتها من البريسيكل

(١) Eichornia

داخل الأندودرمس مباشرة ، وفى التريديات يبدأ النمو فى خلايا الأندودرمس ، وفى كل المجموعات النباتيـــة ، تكون الخلايا الأصلية بالغة أو قريبة من ذلك .

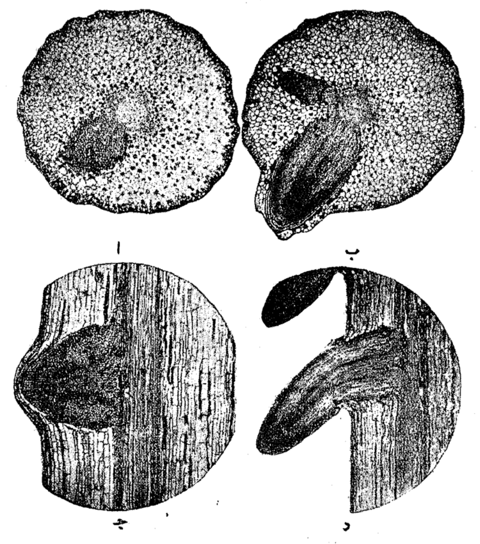


(شكل ١٣٢)

المراحل المبكرة فى تكوين الجذر الجانبى ، كما تبدو فى القطاع القطرى ، جنس رمان الازهار . أ ، مجموعة من خلايا البريسيكل وحيد الصف وقد كبرت قطريا وانقسمت انقساما مماسيا ، ب ، الزيادة فى الحجم والانقسام مستمران ، وقد تمدد الاندودرمس والقشرة الخارجية ، حـ ، مرستيم القمة الجذرية وقد تكون صورة جيدة ، أما الاندودرمس فسرعان ما يتمزق (عن فان يتجهم ودوليوت)

وتنشأ الجذور الجانبية فى عاريات وكاسيات البذور مقابل أشرطة الخشب ، عندما يوجد ثلاثة أو أكثر من هذه الأشرطة (شكل ١٣١ و) ، أما فى التريديات فتكون دائما أمام أشرطة الخشب . وفى النبـــاتات البذرية ، حيث الجذور ثنائية الحزم ، تخرج الجـــذور الجانبيـــة بزاوية على أشرطة الخشب (شكل ١٣١ أ — هـ) . ويختلف موضع هذه النقط ، الا أنها تكون بين أشرطة الخشب واللحاء عادة . وعندما ينحصر تكوين الجذور الجانبيـــة فى المناطق المقابلة للخشب ، فان هذه الجذور تبدو فى صفوف رأسية ، مساوية فى العدد لأشرطة الخشب . فالجذر رباعى الحزم ، مثلا ، يحتوى على أربعة صفوف من هذه الجذور الجانبيـــة . والجذور الجانبية التى لا تنشأ مقابل أشرطة الخشب توجد هى الأخرى فى صفوف . وفى أغلب الأحيان يمكن مشـــاهدة هذه الصفوف الطولية بسهولة فى بعض الجذور الاختزانية،كالفجل والجزر البرى الأبيض واللفت،كما يمكن مشاهدتها فى جذور الصفصاف ، وغيره من النباتات ، التى تنمو فى الماء . ويتشوه الترتيب فى التربة ، الا اذا كان قطر الجذر كبيرا .

وعند تكوين جذر جانبى ، تصبح خلايا البريسيكل مرستيمية فى مساحة (دائرية فى القطاع المماسى)،ذات قطر يبلغ خليتين على الأقل . وتنقسم جميع هذه الخلايا انقساما مماسيا (شكل ١٣٢ أ) ، وذلك قبل زيادتها فى الاتجاه القطرى أو بعدها . أما الانقساما ت المتتالية ، فتحدث فى أى مستوى . وعلى ذلك تتكون بسرعة منطقة نمو محددة بما فيها من بداءات خلوية،وقلنسوة جذرية ، وتراكيب أخرى مميزة وعندما يتكون هذا المرستيم ، تمتط الأنسجة الخارجية (شكل



(شكل ١٣٣)

المراحل المتأخرة فى تكوين الجذر الجانبى فى نبات الصفصاف الاسود أ ، ب ، قطاعات عرضية ، حـ ، د ، قطاعات قطرية . أ ، قمة الجذر الجانبى الحديث وهى تشق طريقها خلال القشرة ، قمة الجذر وقد دفعت الطبقات الخارجية للقشرة والبشرة ناحية الخارج ، ونفذت خلالها ، حـ ، قمة الجذر الجانبى على وشك اختراق القشرة الخارجية ، د ، الجذر الجانبى متحررا من الجذر الوالد ، ويتضح اتصاله بالاسطوانة المركزية

١٣٢ ب ، ج ، ١٣٣ ج) وسرعان ما تتمزق (شكل ١٣٣ ب) . ويشق الجذر طريقه — جزئيا فيما يبدو بامتصاص النسيج المحيط ، الا أن الجزء الأكبر يتم بالضغط الميكانيكى — خلال الأندودرمس والقشرة والبشرة ، ثم يستمر فى نموه بالطريقة العادية . ومما يذكر أنه يوجد فى بعض النباتات تحلل كيمائى جزئى لأنسجة القشرة بواسطة القلنسوة الجذرية وهى تشق طريقها للخارج . ولا يوجد ثمة اتصال بين خلايا البشرة فى الجذر الجانبى ونسيج القشرة الممزق فى الجذر الأصلى الذى يخترقه ، غير أنه عند طرف الجذر الجانبى القريب من المركز ، حيث نشأ المرستيم تتصل برنشيمة وعناصر الجذر الجانبى الوعائية اتصالا وثيقا بأنسجة الجذر الوالد ، ومن ثم تهيىء طريقا للتوصيل . ومع تكوين النمو الثانوى يتصل كمبيوما الجذرين،وتتكون حلقات ثانوية تكون مستمرة حول نقطة انبثاق الجذر الجانبى . ولا تنمو جميع الجذور الجانبية بنفس السرعة ، فبعضها يدوم وينمو بسرعة ، مكونا جزءا من المجموع الجذرى للنبات ، على حين يبقى بعضها الآخر صغيرا أو يسقط جملة . وفى بعض النباتات ، وبخاصة فى الجذور الاختزانية ، يوجد تجدد موسمى للجذيرات الثانوية .

الجذور العرضية : اصطلاح الجذور العرضية ، الذى يستعمل بغير دقة ، يتضمن الجذور التى تنشأ على السوق ، وتلك التى تنشأ فى مناطق من الجذر الرئيسى ، غير منطقة البريسيكل ، خلف منطقة الاستطالة . ولتلك الجذور أهمية فى تكاثر النباتات ، وبخاصة فى تجذير العقل الساقية وتكوين المجموعات الجذرية على العقل أو الطعوم الجذرية . وتعرف الجذور التى تنشأ فى أنسجة الكالوس بالقرب من سطح مقطوع « بجذور الجروح » ، وذلك تمييزا لها عن الجذور التى تنشأ من بداءات جذرية أو وسائد مرستيمية ذات تكوين سابق ، ويطلق عليها فى بعض الأحيان مصطلح غير مناسب هو « الجذور المورفولوجية » ، أو التى تنشأ من مجموعات محددة من الخلايا ، تكون بوضعها وتركيبها ، قادرة على تكوين الجذور ، مع أنها قد تكون متميزة من النسيج المحيط .

وتنشأ جذور الجروح المثالية داخليا ، بعد تكوين النسيج الوعائى فى الكالوس القاعدى،من مرستيم يمكن أن يعتبر كاستمرار للكمبيوم.أما الجذور التى تتكون من بداءات جذرية ، فتنشأ فى معظم النباتات فى منطقة البريسيكل ، أو فى اللحاء الثانوى ، كما يحدث فى المحاور الأكبر سنا حيث يكون البريسيكل

قد فقد نشاطه . وتقترن البداءات الجذرية بالأشعة الوعائية فى كثير من النباتات الخشبية ، وهى موجودة غالبا فى منطقة العقدة ، وبخاصة فى الفرجات الورقية كما فى جنسى لوينسرا[١] وريبـــاس[٢] . أو فى فرجات الفروع كما فى جنسى الصفصاف وكوتنستر[٣] ، غير أنها قد تنشأ فى السلامية كما فى جنسى الصفصاف والحور . وفى النباتات العشـــبية ، تقترن تلك البداءات بالكمبيوم بين الحزمى، (جنس بجنونيا[٤]) . والجذور التى تنشأ من البداءات الجذرية تكون فى بعض الأنواع أكثر أهمية فى انجاح الاكثار بالعقل الخشبية من جذور الجروح . وفى أنواع أخرى ، تسود جذور الجروح ، غير أنها قد توجد فى أنواع تسود فيها البداءات الجذرية ، وقد تظهر الجذور التى تتكون من البداءات الجذرية فى أنواع تفتقر اليها عادة . وفى بعض التريديات ونادرا فى كاسيات البذور ، تنشأ الجذور العرضية من خلايا القشرة الخارجية .

وتتفاوت الأنواع المختلفة تفاوتا كبيرا فى السهولة التى يمكن بها استحثاث التجذير على السوق أو الجذور . فبعض النباتات ، وعلى الخصوص فى جنسى الصفصاف والريباس ، التى تحتوى على بداءات جذرية ذات تكوين سابق ، تكون بسهولة جذورا من العقل الساقية ، على حين أنه فى نباتات أخرى، كالعقل الساقية لمعظم أنواع أجناس الكمثرى والتفاح وكاريا[٥] التى لا تحتوى على بداءات جذرية تتكون الجذور بصعوبة كبيرة أو لا تتكون على الاطلاق . وبعض العقل الجذرية ، كعقل جنسى توت العليق ونبات سى كيل[٦] ، تكون الجذور بسهولة فى حين أن عقلا أخرى ، كعقل جنسى التفاح وكاريا ، تكونها بصعوبة . وتكون أوراق بعض النبـــاتات ، مثـــل أجنـــاس بيجونيا[٧] وساتنبوليا[٨] وبريوفيللم[٩] ، تكون جذورا من الحواف الورقية أو الأعناق . وتتغير القدرة على تكون الجذور بتغير العمر — فالبادرات — والنباتات المتجددة تكون جذورا بصورة أيسر من النباتات المسنة .

---

(١) Lonicera

(٢) Ribes

(٣) Cotoneaster

(٤) Bignonia

(٥) Carya

(٦) Sea - kale — Rubus

(٧) Begonia

(٨) Saintpaulia

(٩) Bryophyllum

البريديرم فى الجذور : تتكون — ان عاجلا أو آجلا — فى أثناء تطور غالبية الجذور المعمرة،وبخاصة فى ذوات الفلقتين وعاريات البذور التى يحدث فيها تغليظ ثانوى،طبقة بريدرم . وأول بريديرم يتكون فى السوق ينشأ عادة فى البشرة أو فى طبقات القشرة التى تحتها مباشرة ، أما فى الجذور ، فعلى الرغم من أن الطبقات الخارجية قد تتسوبر ، فان أول بريديرم حقيقى ينشأ فى الطبقات الخارجية من البريسيكل عادة ويبقى فى النباتات الخشبية كطبقة مستمرة الامتداد لعدد كبير من السنين . ويتمزق الأندودرمس والقشرة ، وسرعان ما يتحللان،ومن ثم يصبح الجذر مغطى بغطاء ناعم،بنى اللون،من الخلايا الفلينية ، لا تقطعه الا العديسات . ولا تظهر العديسات بوضوح فى جميع الأنواع ، الا أنها تبدو فى البعض ، كجنسى التوت وجلدتسيا[1] مثلا ، كبقع خشنة مستطيلة فى الاتجاه المستعرض على سطح الجذر . ولا يختلف تركيب عديسات الجذور اختلافا جوهريا ، عن تركيب عديسات السوق . وفى بعض الأنواع ، تتراكم الخلايا المفككة لدرجة تبدو معها ككتلة دقيقة فى الفراغ العديسى . وفى الجذور الكبيرة لعدد من الأشجار ، يبقى البريديرم الأول الى ما لا نهاية ويكون القلف ناعما ، تظهر عليه عادة عديسات واضحة . وفى بعض الأشجار تتكون طبقات أخرى متتابعة من البريدرم ، يزداد تعمقها فى كل مرة داخل اللحاء ، وذلك كما يحدث فى السوق ، وتسقط الأنسجة الخارجية . ولا يتراكم القلف بشدة على الجذور ، وذلك لتحلل الأنسجة الميتة بسرعة داخل التربة . وعندما تتعرى الجذور عند قاعدة شجرة ، يتكون قلف مماثل لما يوجد على الجذع .

وتوجد شواذ كثيرة للطريقة العادية ، التى يتكون بها البريدرم فى الجذور . ففى الجذور التى لا تحتوى على تغليظ ثانوى ، قد تبقى البشرة كما هى ، وغالبا ما تتكوتن ، أو قد تسقط بالانحلال ويحل محلها–كالطبقة المغلفة–طبقة القشرة الابتدائية الخارجية التى تتكوتن ، كما فى ذوات الفلقة الواحدة . وقد تتغضن البشرة الخارجية فى تلك النباتات وتختفى بعد توقف الشعيرات الجذرية عن تأدية وظيفتها مباشرة . وتعرف تلك الطبقة الواقية الاضافية التى تعمل كبشرة ، تعرف أحيانا بالاكسودرمس غير أنها ليست الا نوعا من طبقة تحت البشرة . وبالاضافة الى ذلك ، يستخدم مصطلح « اكسودرمس » أيضا للدلالة على طبقة أحادية

---

(١) Gleditsia

الصف توجد فى بعض الجذور المتخصصة ، كالطبقة الداخلية للحجاب الجذرى فى جذور الأراشد والبشرة الدائمة،شائعة بوجه خاص بين جذور ذوات الفلقة الواحدة ويكون البريدرم فى هـذه المجموعة من النباتات طبقة واقية فى الجذور الأكبر حجما وسنا فقط ، كما فى الفصيلتين القلقاسية[١] والزنبقية . وفى ذوات الفلقتين العشبية تكون طبقة تحت البشرة هى الطبقة الواقية غالبا (شكل ١٢٧ ب) . وتوجد طبقـات البريدرم أيضا بكثرة فى جـذور الفصـيلتين الربيعية [٢] والجنطيانية[٣] وغيرهما ، وتوجد هذه الطبقات فى القشرة الخارجية ، بيد أنها لا تكون سطحية ، كما فى ذوات الفلقة الواحدة . وفى النباتات التريدية لا يتكون بريدرم فى الجذور ، ولكن البشرة وطبقات القشرية الخارجية ، تتكوتن أو تتلجنن دون تغير فى حجم الخلايا أو شكلها . وتختلف الطبيعة الكيميائية لهذه الجذور الملجننه أو المتكوتنة ، فيما يبدو من مثيلاتها فى الخلايا المشابهة ، فى معظم النباتات البذرية .

والأنواع غير العادية من التركيب موجودة فى الجذور كما فى السوق ، غير أنها فى الجذور تقترن أساسا بالأنسجة الثانوية كما فى بعض نباتات رتبة مركزية البذور[٤] ويشبه التركيب الشاذ فى الجذور مثيله فى السوق . وسيأتى ذكر ذلك فى الفصل الحادى عشر .

وتبدى الجذور تخصصا كبيرا ، يرتبط بالظروف البيئية وبالوظائف الخاصة . ويحتوى الفصل الرابع عشر على دراسة للتحورات الموجودة فى بعض هـذه الأنواع المتخصصة .

---

(١) Araceae

(٢) Primulaceae

(٣) Gentianaceae

(٤) Centrospermae

REFERENCES — المراجع

ALTEN, H. : Beiträge zur vergleichenden Anatomie der Wurzeln nebst Bemerkungen über Wurzelthyllen, Heterorhizie, Lenticellen, Göttingen, 1908.

ESAU, K. : Developmental anatomy of the fleshy storage organ of *Daucus Carota, Hilgardia,* **13,** 175-209, 1940.

——: Vascular differentiation in the pear root, *Hilgardia,* **15,** 299-311, 1943.

FLAHAULT, C. : Recherches sur l'accroissement terminal de la racine chez les phanérogames, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 6 sér., **6,** 1-168, 1878.

FRIEDENFELT, T. : Der anatomische Bau der Wurzel in seinem Zuzammenhänge mit dem Wassergehalt des Bodens, *Bibl. Bot.,* **61,** 1-118, 1904.

JANCZEWSKI, DE, E. : Recherches sur le développement des radicelles dans les phanérogames, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 5 sér., **20,** 208-233, 1874.

KROEMER, K. : Wurzelhaut, Hypodermis, und Endodermis der Angiospermenwurzel, *Bibl. Bot.,* **59,** 1-151, 1903.

LEMAIRE, A. : Recherches sur l'origine et le développement des racines laterales chez les dicotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 7 sér., **3,** 163-274, 1886.

MAXWELL, F. B. : A comparative study of the roots of the Ranunculaceae, *Bot. Gaz.,* **18,** 8-16, 41-47, 97-102, 1893.

NAGELI, C. : Ueber das Wachsthum des Stammes und der Wurzel bei den Gefässpflanzen, *Beit. Wiss. Bot.* (Nägeli), **1,** 1-156, Leipzig, 1858.

—— and H. LEITGEB : Entstehung und Wachsthum der Wurzeln, *Beit. Wiss. Bot.* (Nägeli), **4,** 73-160, Leipzig, 1868.

OLIVIER, L. : Recherches sur l'appareil tégumentaire des racines, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 6 sér., **11,** 5-133, 1881.

PRIESTLEY, J. H., and R. M. TUPPER-CAREY : Physiological studies in plant anatomy, IV. The water relations of the plant growing point, *New Phyt.,* **21,** 210-22 922.

SACHS, J. : Ueber das Wachsthum der Haupt und Nebenwurzeln, *Arb. Bot. Inst. Würzburg,* **1,** 384-474, 585-634, 1874.

TUBEUF, C. : Die Haarbidungen der Coniferen, V. Die Wurzelhaare der

Coniferen, *Förstlich. Naturwiss. Zeitsch.*, **5**, 173-193, 1896.

VAN DER LEK, H. A. A.: Onderzoekingen over de vegetatieve vermenigvuldiging van houtige gewassen, 1. Over de wortelvorming van houtige stekken. Laboratorium voor Tuinbouwplantenteelt, No. 1. Overdruk uit Deel 28 der Mededeelingen van de Landbouwhoogeschool te Wageningen (Nederland).

VAN TIEGHEM, P.. Recherches sur la symétrie de structure des plantes vasculaires, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 5 sér., **13**, 5-314, 1870.

—— and H. DOULIOT: Recherches comparatives sur l'origine des membres endogènes dans les plantes vasculaires, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **8**, 1-660, 1888.

WHITAKER, E. S.: Root hairs and secondary thickening in the Compositae, *Bot. Gaz.*, **76**, 30-59, 1923.

الفصل الحادى عشر

الساق

الساق هى الجزء من محور النبات ،الذى يحمل الأوراق والأعضاء التكاثرية ، ويكون عادة هوائيا،ينمو متجها الى أعلى وتتشابه السوق مع الجذور فى التركيب العام . فلكل منهما عمود وعائى ، به خشب ولحاء ، وله بريسيكل واندودرمس وقشرة ذات بشرة . وتختلف السوق عن الجذور فى التركيب الوعائى الأساسى وفى وجود أطراف فى مواضع معينة، تسمى بالعقد . ويرجع الاختلاف فى التركيب الوعائى أساسا ، الى ترتيب الخشب واللحاء — ففى الجذر ، توجد أشرطة اللحاء والخشب منفصلة ، وعلى انصاف أقطار مختلفة ، أما فى الساق فتوجد هذه الأشرطة متجاورة ، على انصاف أقطار واحدة . وعلاوة على ذلك ، يكون خشب الجذر دائما خارجى الخشب الأول ، أما خشب الساق فيكون خارجيا أو داخليا أو وسطيا، ولكنه داخلى فى معظم النباتات الحديثة . وتتشابه الساق والجذر كثيرا فى تكوين وتركيب الأنسجة الوعائية الثانوية .

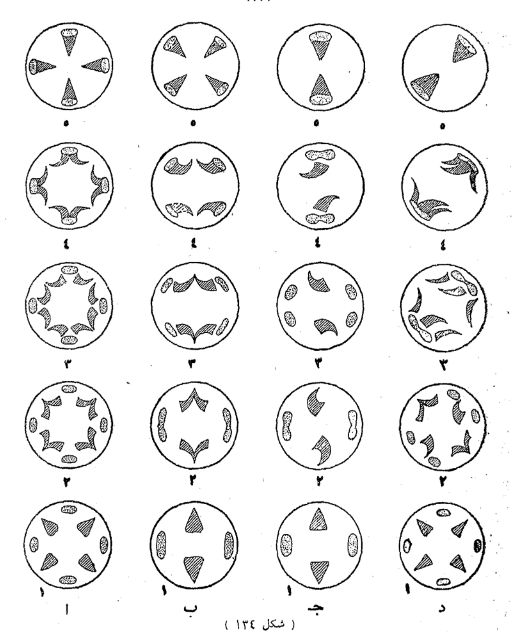
منشأ الساق :

يتكون المرستيم الأول للساق أثناء تميز الجنين ، وتنشأ السوق الجانبية عادة بواسطة تكوين مرستيمات طرفية جديدة ، تظهر على جوانب المرستيم الطرفى للساق الأصلية ، أما الأفرع العرضية على السوق والجذور ، فتتكون عن طريق طبقات مرستيمية مماثلة تنشأ بطريقة ثانوية من البريسيكل أو اللحاء أو حتى فى الكمبيوم نفسه : وقد قيل انها قد تنشأ فى خلايا البشرة وخلايا تحت البشرة ، وفى قليل من النباتات .وتظهر مرستيمات الفروع كذلك بكثرة من أنسجة الجروح فى بعض النباتات . هذه المرستيمات تنشأ عن طريق انقسام الخلايا المرستيمية أو الخلايا البرنشيمية الدائمة فى اتجاهات مختلفة ، مكونة نقطة نمو قمية شبيهة بتلك الموجودة بقمة الساق العادية . وفى حالة وجود المرستيم على غور بعيد فى أنسجة الساق ، فانه يشق لنفسه طريقا الى السطح بطريقة مشابهة لمرور

مرستيم الجذر الفرعى خلال قشرة الجذر ، (وقد درست طريقة تكوين الساق الناضجة من المرستيم فى الفصل الثالث) .

مرحلة الانتقال بين الجذر والساق :

يكون الجذر مع الساق تركيبا متصلا ، هو المحور ، وتتكون نتيجة لذلك منطقة انتقالية حيث يتقابل الجذر والساق ،وحيث تندمج الأجزاء المختلفة من كلا العضوين . فالبشرة والقشرة والأنذودرمس والبريسيكل والأنسجة الوعائية الثانوية كلها مستمرة استمرارا مباشرا من الجذر الى الساق . اما الأنسجة الوعائية الابتدائية ، فهى أيضا مستمرة ، ولكنها ليست بطريق مباشر . ويرجع ذلك الى أن نوع الحزم ونظامها يختلف اختلافا واضحا فى الجذر عنه فى الساق . فأشرطة الخشب واللحاء المستقلة ، والمرتبة ترتيبا قطريا فى الجذر ، تستمر مع الحزم التى ينتظم فيها الخشب واللحاء بنظام جانبى ، كما أن الخشب الخارجى فى الجذر يستمر مع الخشب الداخلى فى الساق . وفى الخشب يتطلب هذا التغير فى الوضع التفاف وانحراف الأشرطة (شكل ١٣٤) ، ويحدث هذا التغير من نوع الى آخر فى التركيب الوعائى فى جزء من المحور يسمى منطقة الانتقال .ويكون هذا الانتقال اما تدريجيا أو مباشرا وتكون منطقة الانتقال قصيرة عادة يتراوح طولها ما بين أقل من ملليميتر واحد الى ملليمترين أو ثلاثة ، وفى حالات نادرة قد يصل طولها الى عدة سنتيمترات . وقد توجد هذه المنطقة فى أعلى الجذير عند أقصى قاعدة السويقة الجنينية السفلى أو فى منتصفها أو فى الجزء العلوى منها ، وبناء على ذلك فقد يحتوى الجزء الأكبر من السويقة الجنينية السفلى على تركيب ساقى أو تركيب جذرى ، أو قد ينتمى معظمها الى المنطقة الانتقالية . وفى كثير من الأحيان تقع منطقة الانتقال عند أصل أو مكان خروج المسيرات الفلقية ، وعند ذلك يصبح تركيب هذه المنطقة معقدا.وفى الحالات التىلا تنحرف فيها الحزم عند مستوى المسيرات الفلقية ، فانه لا بد من انحرافها بعد خروجها ، وأثناء مرورها فى الفلقات . وفى حالات نادرة ، يحدث أن تمتد منطقةالانتقال الى العقدة الأولى ، أو حتى الثالثة أو الرابعة فوق الفلقات ، وبذلك يحتوى جزء من الساق على حزم وعائية منحرفة جزئيا .



(شكل ١٣٤)

أشكال تخطيطية تبين أربعة أنواع للانتقال من الجذر الى الساق (ا ، ب ، ج ، د) الاشكال ا ١ ، ب ١ الخ .. جذر ، والاشكال أ ٥ ، ب ٥ الخ .. ساق ، أما الاشكال المتوسطة فتبين مراحل الانتقال على مستويات متتابعة كما تبين انشقاق والتفاف والتحام الاشرطة الوعائية .) الخشب مخطط واللحاء منقط)

وتكون منطقة الانتقال فى العادة قصيرة فى ذوات الفلقة الواحدة والتريديات .

أما من الخارج ، فيمكن رؤية تلك المنطقة التى تحد الساق والجذر ، بوجود مكان انخفاض أو تغير فى الغلظ ، على أنه فى بعض النباتات ، قد لا ينطبق الخط الظاهرى انطباقا تاما مع منطقة الانتقال .

وعند التغير من الجذر الى الساق ، يحدث عادة زيادة كبيرة فى ثخانة العمود الوعائى ، مع تضاعف فى الأنسجة الوعائية ، وانشقاق والتفاف والتحام فى الأشرطة الوعائية . هذه التغيرات تحدث تبعا لنظم خاصة نذكر منها الأربعة الأنواع الآتية :

النوع الأول : (شكل ١٣٤ أ) . فى هذا النوع تنشق الأشرطة الخشبية فى الجذر انشقاقا قطريا ، ثم تتأرجح على الجانبين الفروع الناتجة ، وذلك عند مرورها لأعلى ، واحد الى اليمين والآخر الى اليسار ، ملتفة فى نفس الوقت خلال ١٨٠° ، ثم تتحد مع أشرطة اللحاء من الداخل وبذلك تكون أشرطة اللحاء قد بقيت كما هى لم تغير اتجاهها أو موضعها ، وتمر كأشرطة مستقيمة من الجذر الى الساق . فى هذا النوع يكون عدد الحزم الوعائية الابتدائية فى الساق ، مساويا لعدد أشرطة اللحاء فى الجذر . ويوجد هذا النوع ، على سبيل المثال ، فى نباتات مشط الراعى[١] وشب الليل [٢] وفوماريا .

النوع الثانى : (شكل ١٣٤ ب) يختلف هذا النوع عن سابقه ، فى أن أشرطة اللحاء كأشرطة الخشب تنشق أيضا ، وينحرف كل من الفروع الناتجة جانبيا ، عند مروره الى أعلى ، بحيث تتلاقى فروع الخشب وفروع اللحاء على هيئة أزواج ، وتصبح أماكنها فى الساق متبادلة مع أماكنها فى الجذر ، وينتج عن هذا أن تنحرف أشرطة الخشب كما فى النوع الأول ، أما أشرطة اللحاء فتحتفظ باتجاهها ، وبذلك يكون عدد الحزم فى الساق ضعف عدد أشرطة اللحاء الموجودة فى الجذر . هذا النوع من الانتقال أكثر شيوعا من النوع الأول ، ويوجد على سبيل المثال فى نباتات الاسفندان[٤] والقرع[٥] والفاصوليا[٦] وأبى خنجر[٧] .

النوع الثالث : (شكل ١٣٤ جـ) . فى هذا النوع لا تنشق أشرطة الخشب بل تستمر فى طريقها من الجذر الى الساق ولكنها تلتف ١٨٠° . وفى نفس الوقت تنقسم أشرطة اللحاء ثم تتجه الأنصاف الناتجة ناحية أشرطة الخشب وتلتحم معها من الخارج . يشبه هذا النوع الأول فى أن عدد الحزم الناتجة فى الساق تساوى

---

(١) Dipsacus
(٢) Mirabilis
(٣) Fumaria
(٤) Acer
(٥) Cucurbita
(٦) Fhaseolus
(٧) Tropaeolum

عدد أشرطة اللحاء فى الجذر ، ومن أمثلة النباتات التى يحدث فيهـا هذا النوع البرسيم الحجازى [١] وبسلة الزهور [٢] ونخيل البلح [٣] .

النوع الرابع : (شكل ١٣٤ د) . فى هذا النوع ، تنقسم نصف أشرطة الخشب فقط ، وتتأرجح الفروع جانبيا لتلتحم مع الأشرطة غير المنقسمة ، والتى تكون قد انحرفت أيضا . أما أشرطة اللحاء فلا تنقسم ولكنها تلتحم كل زوج منها مع الأشرطة الخشبية الثلاثية ، وبذلك تتكون الحزمة فى السـاق من خمسـة أشرطة متحدة ، ويكون بالساق عدد من الحزم الوعائية نصف عدد أشرطة اللحاء فى الجزر ويحدث هذا النوع من الانتقال نادرا ويبدو أنه معروف فى قليل من ذوات الفلقة الواحدة فقط مثل انيمارهينا [٤]

وفى الحالات التى يوجد فيها لحاء داخلى فى الساق ، تنشق من أشرطة اللحاء فى الجذر ، فروع فى المستوى الذى يبدأ التركيب الجذرى فى التغير فيه . وتمر هذه الفروع للداخل تدريجيا ، حتى تستقر داخل أشرطة الخشب الجديدة، مكونة حزما وعائية جانبيـة . أما فى الحالات التى تتحد فيها أشرطة الخشب فى الجذر لتكون اسطوانة جوفاء ، (اذ يعتبر النخاع دائما موجودا فى أعلى جذر البادرة ملاصقا لمنطقة الانتقال) تنفصل الأشرطة عن بعضها ، قبل انشقاقهـا ، أو تغير موضعها ، أو اتجاهها .

وفى بعض ذوات الفلقة الواحدة ، تكون منطقة الانتقال قصيرة للغاية ومن الصعب تحديدها . ويرجع ذلك الى تكون حلقة من الأنسجة الوعائيـة نتيجة لاتصال عدد كبير من الجذور الجانبية القوية التى تتكون عند هذه النقطة . وفى السيكاديات [٥] تحتوى منطقة الانتقال على قرص أو حلقة من الأنسجة الوعائية ، تمر خلالها جميع أشرطة الجذر والساق ، ولذلك فالحزم الوعائية للساق والجذر فى هذه النباتات ، لا تمر بطريق مباشر من الواحدة للأخرى .

---

(١) Medicago — (٢) Lathyrus

(٣) Phoenix — (٤) Anemarrhena

(٥) Cycadales

أنواع السوق

تقدمت فى الفصل الخامس دراسة التركيب الأساسى للسوق . ويمكن القول على سبيل المراجعة ، بان السوق تكون عادة ذات أعمدة وعائية نخاعية ، أما الأعمدة الوعائية الأولية فتوجد بين النباتات الحية فى السراخس وبعض التريديات الأخرى . كما أن لهذه النباتات نموا ثانويا عادة . وتختلف السوق كثيرا فى كمية وترتيب النسيج الوعائى الابتدائى فيها ، وفى كمية الأنسجة الثانوية أيضـا . فيتراوح النسيج الوعائى الابتدائى فى كميته ، من اسطوانة صماء غليظة للغاية ، الى بضعة أشرطة صغيرة تكون حزما متباعدة . ويبدو أن هذه الاختلافات تعكس أطوارا فى التقدم التطورى ، اذ يمكن القول انه فى أثناء التطور ، قد رقت اسطوانة النسيج الوعائى الابتدائى ، مع تجزئتها الى أشرطة طولية ، وتغير فى ترتيب الحزم الناتجة ، بحيث لا تعود تكون اسـطوانة .ومهما تكن كميـة وترتيب الخشب الابتدائى ، فان الأنسجة الوعائية الثانوية قد تكون اسطوانة صماء تضم الخشب الابتدائى ، وبهذه الطريقة يمكن أن تتكون اسطوانة وعائية غير مجزأة من مجموعة من الأشرطة ، حتى ولو لم تكن هذه الأشرطة موزعة بانتظام . وتختلف أيضا كمية وترتيب الخشب الثانوى ، من اسطوانة كاملة ذات ثخانة غير محدودة ، كما يحدث فى النباتات الخشبية المعمرة النموذجية ، الى أشرطة نحيفة متباعدة كما هى الحال فى بعض أنواع السوق العشبية الحولية ، وفى النباتات التى لا يحدث فيها نمو ثانوى . ويمكن القول ان الأنسجة الثانوية قد اختزلت أيضا — كما هى الحال فى الأنسجة الابتدائية أثناء التطور ، اذ حدث أن تناقص غلظ الاسطوانة قطريا ثم تقطعت بعد ذلك فى الاتجاه المماسى . كما أن الأنسجة الثانوية ،لا تتكون بالمرة فى النباتات ذات التخصص العالى من هذا النوع . ولا زالت جميع هذه المراحل ، فى التغيرات التى تعترى الأنسجة الابتدائية والأنسجة الثانوية ، ممثلة بين النباتات الحية . ومن هذا يتبين أن تركيب الساق متباين الى حد كبير .

الساق الخشبية : تحتوى سوق النباتات الخشبية المعمرة على تركيب بسيط فى الظاهر . ففيها توجد طبقة كاملة من أنسجة وعائية ثانوية تحيط باسطوانة تكاد تكون متصلة من الخشب الابتدائى . والتباين فى تركيب هذه الاسطوانة (قد درس تحت عنوان الهيكل الوعائى الابتدائى فى الفصل الخامس) يتراوح بين

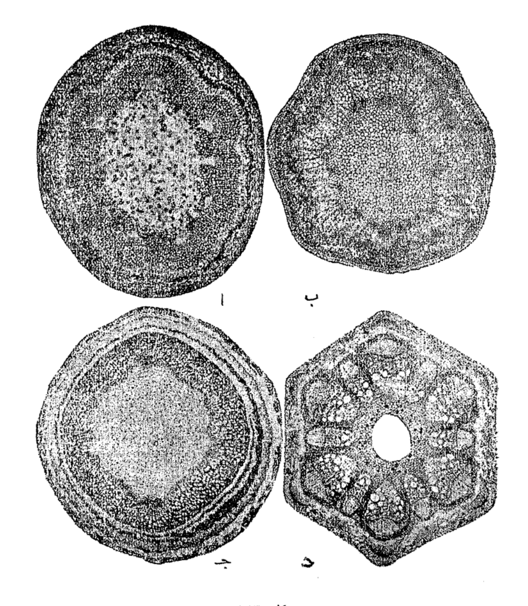
الأسطوانة الكاملة التى لا تتخللها سوى المسيرات الورقية والفرعية وتلك الحزم المبعثرة والمعقدة فى غالب الأحيان فى ترتيبها . ويبدو أن بساطة الأسطوانة الثانوية هى التى تخفى التركيب الابتدائى الأساسى وتظهر التركيب العام كأنه بسيط . وحتى فى تلك الحالات التى لا تنقطع فيها الاسطوانة الابتدائيــة الا بالمسيرات الورقية والفرعية (شكل ٧٢ أ فى جنس التويه و ٧١ أ فى جنس الحور) ، تكون الاسطوانة رقيقة فيما عدا « الحزم » البارزة للداخل على هيئة حواف والمحتوية على الخشب الأول تمثل هذه الحواف البارزة استمرار المسيرات الورقية الى أسفل أو الأجزاء الناضجة الأولى من الاسطوانة (شكل ٧١ أ) . وفى نباتات أخرى تتكون الاســطوانة من حزم مختلفة الحجم متراصة عن قرب ، الواحدة بجانب الأخرى (شكل ٧١ ب) بكميات متناسبة من الخشب الأول دون اتصالها بالخشب الابتدائى. وتشغل المساحات بين الأشرطة الابتدائية باشعة من النخاع من الداخل، وبالبريسيكل من الخارج ، وسرعان ما تغلق هذه المساحات عن طريق تكوين الكمبيوم فيها ، وهذا الكمبيوم يقوم ببناء النسيج الوعائى الثانوى .

كما أن هناك سوقا خشــبية معمرة كسوق بعض النخيل وبعض النبــاتات الكبيرة من ذوات الفلقة الواحدة ، قد يكمل نموها دون نمو ثانوى .

الساق العشبية : ليس للنباتات العشبية تركيب تشريحى مميز ، والمفروض عادة فى السوق الحولية أن تتميز أنسجتها الوعائية ــ سواء كانت ابتدائية فقط أو ابتدائية وثانوية معا ــ بوجودها على هيئة حزم متباعدة ، ومرتبة فى اسطوانة (شكل ١٣٥ و) . ولكن هذا النظام لا يعتبر نموذجيا بالنسبة للنباتات العشبية . ولمعظم النباتات من ذوات الفلقتين اسطوانات كاملة من النسيج الوعائى فيما عدا الفرجات الورقية والفرعية (شكل ١٣٥ هـ) . ولا يوجد هذا النظام فى السوق الغليظة فحسب ، مثل كثير من نباتات الفصيلة المركبة والنعناع ونباتات الفصيلة القرنية ، بل يوجد أيضا حتى فى السوق النحيفة كما فى بعض نباتات الحبق [١] وحشيشة القزاز [٢] وبذلك لا تعتبر الساق العشبية ذات الحزم المتباعدة مثــالا نموذجيا للسوق الحولية ، ولكنها تمثل أقصى ما وصلت اليه مراحل الاختزال فى الأنسجة الوعائية . وبالرغم من أنه غير منتشر كثيرا الا أنه يوجد فى فصائل مختلفة كما أنه يوجد فى النباتات الغليظة والنحيفة على السواء .

(١) Veronica

(٢) Stellaria

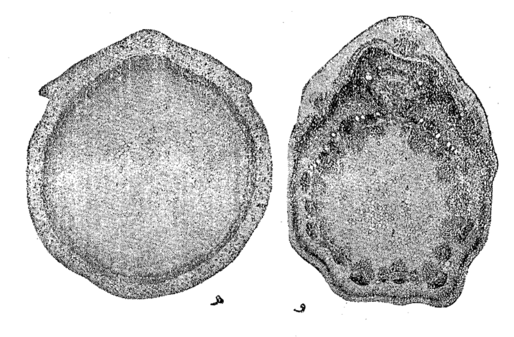


(شكل ١٣٥)

(ا) الميعة الامريكية[١] شجرة ذات عمود وعائى متصل ، (ب) الشنار [٢] شجرة ذات عمود وعائى مجزأ ، (جـ) لونيسرا (شبرفايد)[٣] كرم خشبى ذو عمود وعائى متصل ، (د) ياسمين البر[٤] كرم خشبى ذو عمود وعائى مجزأ ،

---

(١) Liquidamber
(٢) Platanus
(٣) Lonicera
(٤) Clematis

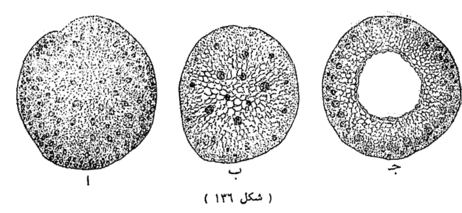


(شكل ١٣٥) – تابع
(هـ) اصبع العذراء[١] نبات عشبى ذو عمود متصل ، (و) الشيح[٢]
نبات عشبى ذو عمود وعائى مجزأ

وفى بعض النباتات مثل أنواع من البرسيم وحشيشة المبارك والغافث [٣] توجد الأنسجة الوعائية فى الجزء السفلى من الساق على هيئة اسطوانة كاملة ، فى حين أنها توجد فى الجزء العلوى على هيئة حزم منفصلة. ويشبه الحال فى نباتات ذوات الفلقة الواحدة أساسا ما هو موجود فى الأعشاب المتطرفة من ذوات الفلقتين . وفيها قد توجد الحزم منتظمة فى حلقة ، ولكن الأكثر شيوعا وجودها مبعثرة خلال العمود الوعائى ، تبعا لنظام يتحدد بعد المسيرات الورقية وترتيب الأوراق وعوامل أخرى (شكل ١٣٦) . والسوق العشبية – باستثناء الأنواع المتطرفة منها التى لا يستطيع فيها الكمبيوم أن يوصل أجزاء الهيكل الابتدائى بعضها البعض – تشبه من ناحية تركيبها السوق الخشبية . ويرجع الاختلاف الى مدة بقائها لا الى التركيب الأساسى . فالساق العشبية هى التى تتحدد فيها فترة النشاط الكمبيومى بموسم واحد ، أو جزء من موسم ، أو لا ينشط فيها الكمبيوم أطلاقا . كما أن كمية الأنسجة الوعائية – سواء كانت ابتدائية

---

(١) Digitalis
(٢) Artemsia
(٣) Agrimonia



(شكل ١٣٦)

اشكال تخطيطية لبعض سوق ذوات الفلقة الواحدة (ا) الذرة[١] وتتميز بكثرة الحزم دون وجود تجويف نخاعى ، (ب) تريلليم[٢] وتتميز بعدد قليل من الحزم المبعثرة ، (جـ) القمح[٣] ويتميز بكثرة الحزم الموزعة للخارج مع وجود تجويف مركزى

أو ثانوية ـ فى ساق عشبية تامة النمو لا يلزم أن تكون أقل منها فى ساق عمرها عام واحد لنبات خشبى من نفس النوع .

ويتوقف نوع الساق فى عشب معين ، على نوع العمود الوعائى الموجود فى أسلافه الخشبية . فاذا أحتوت الاسطوانة الوعائية فى النوع الخشبى على أنسجة ابتدائية مرتبة فى اسطوانة كاملة فان الأنواع العشبية القريبة لها تحتفظ باسطوانات كاملة . أما اذا كانت الاسطوانة الابتدائية فى النوع الخشبى متقطعة ، فان العمود الوعائى فى الأنواع العشبية القريبة لها يتركب من حزم متباعدة .

وقد تختلف الساق العشبية كاملة النمو ، ذات الأنسجة الوعائية الثانوية الجيدة التكوين ، فى بعض التفصيلات عن بعض مثيلتها . ويختفى الكمبيوم فى النباتات الحولية عادة بمجرد توقف النمو الثانوى فى الساق ، وتتحول خلاياه كلها الى عناصر خشب وعناصر لحاء . وتنضغط بقوة جميع الأنسجة الواقعة خارج محيط الكمبيوم فتتفلطح خلايا القشرة ولا سيما خلايا البناء الضوئى ، كما أن خلايا اللحاء الرقيقة قد تنسحق تماما ، حتى قبل أن يكتمل الأزهار والثمار . وتدل الياف اللحاء فى مثل هذه النباتات دلالة واضحة على ذلك بتجزئها وتكسرها . ونادرا ما يحدث فى السوق العشبية أن تتمزق البشرة نتيجة الزيادة فى الغلظ اذ تستطيع البشرة فى بادىء الأمر أن تصمد بواسطة بعض الانقسامات

---

(١) Zea mays

(٢) Trillium Grandiflorum

(٣) Triticum sativum

البطيئة ويوفر تضاغط وانسحاق بعض الأنســجة بعد ذلك مكانا كافيا لنمو الخشب الثانوى واللحاء الثانوى .

ويتضح من الدلائل المستمدة من الدراسة المقارنة ومن تتبع سجل الحفريات ان الساق العشــبية فى كاسيات البذور قد اشتقت من الساق الخشبية فى كثير من الفصائل . ويبدو فى قليل من الفصائل ، مثل فصيلة البربريس[1] ان الأنواع الخشبية قد اشتقت من الأنواع العشبية ، وتتفق مثل هذه النباتات الخشبية ، فى كثير من صــفاتها ، مع الأعشــاب وخصوصا فى تركيب الهيكل الابتدائى فى مكونات نسيج الخشب .

ساق ذوات الفلقة الواحدة : تفتقر ذوات الفلقة الواحدة الى النمو الثانوى بالطريقة المألوفة ، وعلى الرغم من ذلك فانه يمكن العثور على أثر نشاط كمبيومى، فى حزم الساق والأوراق على السواء فى جميع مجموعاتها تقريبا .

وينقسم العمود الوعائى الى عدة حزم تكون مبعثرة خلال الســاق كلها ولا يوجد اندودرمس وعلى ذلك لا يمكن تحديد القشرة والبريسيكل والنخاع ، اذ تنتشر الحزم الوعائية خلالهــا (شكل ١٣٦ أ ، ب) . وفى كثير من النباتات كالحشائش[٢] مثلا توجد منطقة مركزية (شكل ١٣٦ حـ ، ١٨١ أ) . هذه المنطقة قد تمثل النخاع أولا تمثله فلا يوجد بها حزم وعائية ، وفى نباتات أخرى قد يمكن تمييز منطقة القشرة بسهولة .

والجهاز الوعائى لمعظم ذوات الفلقة الواحدة غاية فى التعقيد ، فحزم المسيرات الورقية عديدة ،وتتبع عدة طرق فى نزولها واختراقها الساق واتحادها بطرق مختلفة مع الأشرطة الأخرى (شكل ٧٢ هـــم) . وهناك حالة شائعة فيها تكون كل الحزم مشتركة ، والمسيرات حال انتقالها من الورقة الى الساق تنعمق داخلها وتكون المسيرات الوسطية فى ذلك أعمق من المسيرات الجانبية .

وأثناء اختراق هــذه المسيرات تعود الى الانحراف للخارج . وقد يكون طريق المسيرات داخل الساق عموديا ، أو تنحرف على الجوانب وتتخذ اتجاهات مختلفة . ثم تلتحم كل حزمة مشــتركة ان آجلا أو عاجلا بحزم أخرى مماثلة .

---

(١) Berberidaceae

(٢) Grasses

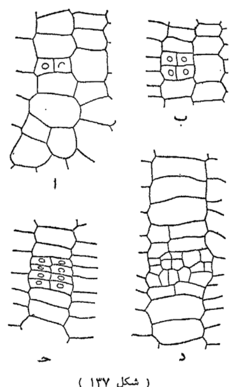
ويحدث معظم التشابك بين الحزم عند العقد ، وفى بعض المجموعات كالحشائش تتشابك الحزم كثيرا ، ويكون هـذا التشابك قاصرا الى حد كبير على مناطق العقد .

النمو الثانوى فى ذوات الفلقة الواحدة : تختلف الأنسـجة الثانوية التى تتكون فى ذوات الفلقة الواحدة اختلافا كبيرا،عن تلك التى تتكون فى المجموعات الأخرى من النباتات . فالكمبيوم لا يكون لحاءا للخارج وخشبا للداخل بالطريقة العادية ، بل يكون للداخل حزما محيطية الخشب أو جانبية موزعة فى نسيج أساسى يسمى عادة بالنسيج الضام ولا يكون للحزم نظام خاص فى توزيعها ، بل تترتب الى حد ما فى صفوف قطرية . وقد تتشابك فى بعض الأحيان . وتكون الأنسجة التى تتكون خارج الكمبيوم قليلة فى كميتها وبرنشيمية فى طبيعتها . وفى طبقة الكمبيوم الحقيقية ، تكون معظم الانقسامات فى الاتجاه المماسى ، ولذلك تنتظم الخلايا الناتجة فى صفوف قطرية . ويبدو هذا الانتظام واضحا فى النسيج الضام ، ويساعد على التفرقة بين الأنسجة الثانوية والأنسجة الابتدائية ، حيث لا يكون للبرنشيمة التى بين الحزم أى نظام خاص (شكل ٩٧) . ولا يكون هذا الانتظام واضحا فى أنسجة الحزم ، ويرجع ذلك الى طريقة تكوينها . ويحدث فى بعض مشـتقات الكمبيوم انقسامات طولية ، تكون فى بادىء الأمر موازية للجدار الخارجى ، ثم عمودية عليه ، وأخيرا تكون بدون نظام (شكل ١٣٧) ، مكونة شريطا من الخلايا تتحول نهائيا الى خشب ولحاء . فالخلايا التى تكون القصيبات تستطيل كثيرا من ١٥ — ٤٠ مرة . قدر طولها الأصلى ، فى حين لا تسـتطيل الخلايا الأخرى الا قليلا أو قد لا تستطيل مطلقا .

وقد تكون القصيبات من النوع السلمى الذى يندر أن يكون بين الأنسجة الثانوية . وتختلف الحزم الثانوية التامة النمو ، عن الحزم الابتدائية ، فى قلة اللحاء وفى عدم وجود خلايا الخشب الأول الحلقية والحلزونية ، وتظهر فى بعض النباتات حلقات نمـو محددة بوضوح ، نتيجة لاختلاف توزيع الحزم وتباين غلظ الخلايا الضامة ولكن علاقة هذه الحلقات بالنمو السنوى أمر غير معروف .

هذا النوع من النمو الثانوى ، غير محدد فى كميته ، كما هى الحال فى النمو الثانوى العادى . ولكنه يتم عادة ببطء ، ولا ينتج عنه فى العادة جذوع ضخمة . هـذا النوع من التغلظ يحدث فى النباتات الشجرية من رتبة الزنبقيـات مثل

دراسينا[١] ويوكا[٢] والصبار[٣] وزنبق النخيل[٤] وبعض أنواع النخيل ويحدث نادرا فى الأعشـــاب كما فى الخربق[٥] وفى الأجزاء اللحميـــة فى بعض نباتات ديوسقوريا[٦] .



(شكل ١٣٧)
أشكال تخطيطية تبين الادوار الاولى فى تكوين الحزمة أثناء النمو الثانوى لذوات الفلقـة الواحدة . فى احد أنواع الصبار — د أدوار متتابعـة

ولا يعزى التغلظ الذى يحـدث فى قواعد بعض سوق النخيل ، الى نشاط طبقة معينة من الكمبيوم ، ولكنه يحدث نتيجة لزيادة تدريجية فى حجوم الخلايا وفى المسافات البينية ، ويحدث نادرا نتيجـة لتضاعف بعض أشرطة من النسيج مكونا أليافا جديدة ، ويعتبر هـذا التضـاعف استمرارا للنمو الابتدائى .

السوق المتسلقة لســوق النبـاتات المتسلقة نوعان من التركيب فكثير منهـا مثل العنب — وسلاستروس[٧] ونوع من جنس سولانم[٨] لها أعمدة وعائية على هيئة اسطوانات خشبية (شكل ١٣٥ حـ) . ونوع له أنسجة وعائية مرتبة فى شكل حلقة من الحزم (شكل ١٣٥ د) مثـل ياسـمين البر[٩] وحشيشة الدينـار[١٠] والبسلة[١١] وتفصل الحزم عن بعضـها أشـعة من البرنشيمة تزداد فى كثير النباتات عن طريق نشاط الكمبيوم كالحزم نفسها . وتكون عناصر الخشب وعناصر اللحاء فى هذه النباتات عالية التخصص كما هى الحال فى الساق العشبية ذات الحزم المتباعدة ، وتنعدم فيها عادة الأشعة

---

(١) Dracaena
(٢) Yncca
(٣) Aloe
(٤) Palm lily
(٥) Veratrum
(٦) Dioscoreae
(٧) Celastrues
(٨) Solanum Dulcamara
(٩) Clematis
(١٠) Humulus
(١١) Pilum

الوعائية وتكون الأوعية مسامية وواسعة وطويلة الى حد كبير ، أما الألياف والقصيبات فتكون قليلة نسبيا كما تكون الأنابيب الغربالية من أرقى الأنواع ، فى حين تكون الألياف نادرة أو غير موجودة وفى نباتات متسلقة كثيرة يوجد أريسطولكيا[1] وحب الهلال[2] والتى لسوء الحظ تعتبر فى كثير من الأحيان أمثلة تركيب عام غير عادى بجانب هذا التخصص فى الأنسجة المختلفة كما فى نباتات نموذجية لتركيب الساق، وتستعمل لتبين نشأة الساق الخشبية من الساق العشبية .

وتنفصل الحزم عن بعضها البعض ، فى الساق الحديثة للنبات المتسلق العشبى ، بقطع كبيرة من النسيج البرنشيمى ، كما فى البسلة وابيوس[3] وقد يقتصر الكمبيوم فى هذه السوق على الحزم فقط كما فى ادلوميا[4]، أو قد يكون اسطوانة كاملة ، عن طريق امتداد عبر الأشعة بين الحزمية البرنشيمية . وقد يكون هذا الكمبيوم بين الحزمى أثريا كما فى الأجزاء العليا من نبات البسلة المتسلق ، فلا يكون نسيجا ثانويا أو يكون قليلا من الخلايا الوعائية ، كما هى الحال فى قاعدة ساق البسلة. وقد يكون أيضا غاية فى النشاط فيزيد كثيرا من كمية الأشعة البرنشيمية بين الحزمية بنفس السرعة التى يبنى فيها الكمبيوم الحزمى الحزم الوعائية كما فى ياسمين البر .

وتحتفظ الساق فى مثل هذه النباتات الأخيرة بعد السنة الأولى ، بشكلها التركيبى العام حتى تصبح خشبية معمرة . ولما كانت الحزم الوعائية تزداد فى الحجم فى الاتجاه المماسى نتيجة لاستمرار النمو الثانوى ، فان الساق تصبح ظاهريا ساقا خشبية،اذ تظل الحزم منفصلة عن بعضها البعض بالوح من البرنشيمة الثانوية.تمتد هذه الألواح أو الأشعة القطرية كاملة ، من عقدة لأخرى عادة ، وفى كثير من الأحيان لعدة سلاميات،ويصبح وجود هذه الألواح من المميزات الهامة لتركيب النباتات المتسلقة . وتعتبر هذه الأشعة سواء كانت من تركيب ابتدائى فقط أو ابتدائى وثانوى معا ، تعتبر من الصفات التركيبية البارزة لكثير من النباتات المتسلقة الحولى منها والمعمر . كما توجد قطع برنشيمية مماثلة أيضا فى بعض النباتات المتسلقة ذات الاسطوانة الخشبية الكاملة . وتمثل حينئذ احدى التحورات البارزة لتلك العمد الوعائية الموجودة فى السوق الخشبية المتسلقة (شكل ١٤١) .

---

(١) Aristolochia　　(٢) Menispermum

(٣) Apios　　(٤) Adlumia

ولما كانت هذه الأشعة مكونة من أنسجة رقيقة ، فانها تنسحق أحيانا بتقدم الساق فى السن ، وينتج ذلك فى الغالب من حركة الحزم الوعائية فوق بعضها ، أثناء فترات الضغط الجانبى ، الذى تتعرض له السوق المتسلقة بالذات ، ويبدو أن هذا النوع من التركيب يمثل أحد التحورات اللازمة للنباتات المتسلقة من الناحية الدعامية .

« الأشعة النخاعية » للنباتات المتسلقة والأعشاب :

فى النباتات المتسلقة والأعشاب التى لها اسطوانة وعائية مجزأة تنفصل الحزم الوعائية عن بعضها البعض ، بواسطة ألواح من الخلايا البرنشيمية ، تمتزج من الداخل مع النخاع ومن الخارج مع القشرة (شكل ١٣٥ د ، و) وفى هذه المراحل الأولى لا يمكن تحديد القشرة والنخاع تحديدا دقيقا فى منطقة الحزم ، كما لا يوجد أى دليل نسيجى على انتمائها، ولو جزئيا،للاسطوانة الوعائية. ولما كانت هذه الألواح تبدو كأجزاء مشعة من النخاع ، فقد شاع تسميتها بالأشعة النخاعية وعندما تزداد هذه التراكيب الابتدائية بعد ذلك فى امتدادها قطريا عن طريق النمو الثانوى كما هى الحال فى نباتات متسلقة كثيرة مثل ياسمين البر (شكل ١٣٥ د) فانها تبدو قريبة الشبه « باشعة نخاعية » عريضة (أشعة وعائية) فى الخشب واللحاء الثانويين . ولهذا السبب قد سميت هذه الأشعة والأشعة الوعائية أيضا بالأشعة النخاعية ، والمعتقد أنها متناظرة . وترتكز النظرية القائلة بنشأة الساق الخشبية من الساق العشبية — الى حد كبير — على هذا الاعتقاد الخاطىء فهذه الأشعة العرضية الموجودة بالنباتات المتسلقة والأعشاب تمتد من عقدة الى عقدة أخرى وكثيرا ما تمتد خلال عدة سلاميات وذلك بخلاف الأشعة الوعائية المحدودة الارتفاع .

وعلاوة على ذلك فان هذه الأشعة النخاعية تمثل ، بشكل واضح من الناحية المورفولوجية ، أجزاء كاملة من الاسطوانة الوعائية ، فهى تقابل عدة أشعة وعائية مضافا اليها الأنسجة المحيطة بها والتى تمر هى بينها . فمن الواضح اذن أنه يمكن استعمال نفس التسمية للنوعين من الأشعة ، ومن هنا كان استعمال لفظ «الأشعة النخاعية» لأشعة النسيج الوعائى الثانوى استعمالا غير سليم ، وقد حل محله لفظ « الأشعة الوعائية » ولما كانت الأشعة العريضة فى النباتات المتسلقة والأعشاب ، فى حالتها الابتدائية فقط ، تشبه بروزات من النخاع ، فقد يصح تسميتها أشعة

نخاعية ، ولا سيما اذا لم يطلق هنا التعبير على الأشعة الوعائية . وبذلك يظهر بوضوح عدم تماثلهـــا ، مع تلك التركيبات التى طالما سميت خطأ ، بالأشـــعة النخاعية .

اللحاء الداخلى : تعتبر الأعمدة الوعائية النخاعيـــة ، ذات اللحاء الداخلى عادة ، من بين الأعمدة الوعائية النخاعية الأكثر شيوعا فى النباتات السرخسية . ويكون اللحاء الداخلى فى هذه الأعمدة طبقة مستمرة قريبـــة الشـــبه باللحاء الخارجى . ويوجد اللحاء الداخلى أيضا فى كثير من الأحيان فى كاسيات البذور ، ولكنه يكون أقل وضوحا ، اذ يتخذ شكل أشرطة صغيرة أو كبيرة مرتبطة قليلا أو كثيرا بالخشب الابتدائى (شكل ١٣٨) . وفى تلك السرخسيات التى بها لحاء داخلى ، والتى تتجزأ فيها الاسطوانة الوعائية بواسطة الفرجات الورقية ، يلتحم اللحاء الخارجى خلال هذه الفرجات ، وبذلك تتكون حزم محيطية اللحاء (شكل ١٣٩ ب).أما فى كاسيات البذور ذات اللحاء الداخلى والأسطوانة الوعائية المجزأة فاللحاء الداخلى يكون الجزء الداخلى من الحزم الجانبية ذات اللحائين كما فى حالة القرع . وفى الحالات التى يكون فيها الخشب الابتدائى اســطوانة كاملة تقريبا ، يكون اللحاء الداخلى أيضا اســطوانة كاملة . ويكون اللحا ءالداخلى فى معظم النباتات ابتدائيا فقط ، اللهم الا فى حالات نادرة ، حيث يظهر كمبيوم داخل الخشب الابتدائى ، ويقوم هذا الكمبيوم بتكوين كمية بسيطة من اللحاء الداخلى الثانوى كما فى نبات تيكوما [١].

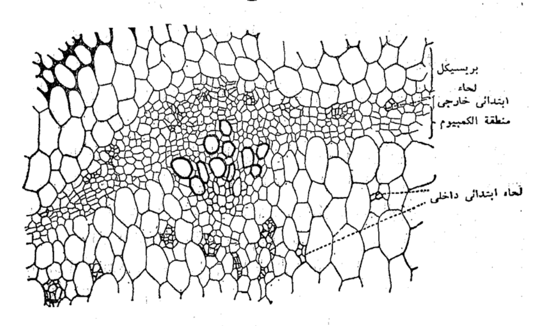
ويشبه اللحاء الداخلى اللحاء الخارجى ، من حيث الخلايا فيما عدا قلة الألياف أو ندرتها ، كما توجد الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة فى مجموعات صغيرة محددة محاطة بالبرنشيمة (شـــكل ١٣٨) . وتكون هذه البرنشيمة مع برنشيمة الخشب الأولى المنطقة المحيطة بالنخاع (الفصل الخامس) . ويظهر اللحاء الداخلى أثناء التطور التكوينى متأخرا عن اللحاء الابتدائى الخارجى . وتعتبر هذه الطبقة بطبيعة الحال جزأ من الاسطوانة الوعائية من الناحية الشكلية ، وليست الطبقة الخارجية من النخاع وفى حالة وجود اندودرمس داخلى فانه يفصل اللحاء الداخلى عن النخاع . وكثيرا ما يتصل الاندودرمس الداخلى بالاندودرمس الخارجى واللحاء الخارجى خلال الفرجات الورقية والفرعية .

---

(١) Tecoma

ويوجد اللحاء الداخلى فى عدة فصائل من بين كاسيات البذور،وعلى الأخص فى الفصائل الأكثر تخصصا ورقيا ، مثل الباذنجانية والجنطيانية والآسية والقرعية والعليقية والأبوسينية والعشاربة والأوناجرية والكاميانيولية والمركبة . ويبدو اللحاء الداخلى فى بعض هذه النباتات منتشرا ، وفى البعض الآخر يقوم بدور هام فى التوصيل ، كما هى الحال فى نباتات البطاطس والطماطم ، وعلى الأخص فى ريزومات ودرنات البطاطس.ففى درنة البطاطس تنتشر أشرطة اللحاء الداخلى، خلال معظم المنطقة الواقعة داخل اسطوانة الخشب الرقيقة ، باستثناء محور ضيق عند المركز . وتكون القشرة ضيقة كالنخاع ، وعلى ذلك يكون النسيج الاختزانى فىدرنة البطاطس ، مكونا الى حد كبير ، من اسطوانة وعائية برنشيمية ، أما النخاع فيكون جزءا صغيرا جدا من الدرنة .

الحزمة الوعائية[١]: تكون الأنسجة الوعائية فى النباتات جهازا متصلا . وتنتظم هذه الأنسجة فى محاور معظم النباتات على هيئة أسطوانات مصمتة أو مجوفة أما فى النباتات الأخرى وفى الأفرع والأطراف فتوجد الأنسجة الوعائية

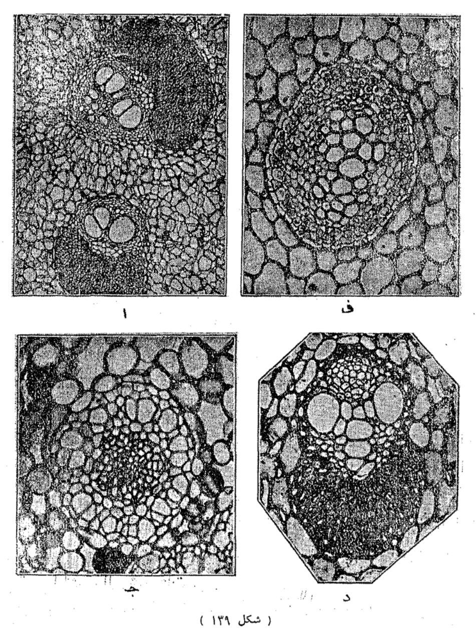


(شكل ١٣٨)

اللحاء الداخلى فى ساق حديثة لنبات البطاطس . وتظهر خلايا اللحاء الابتدائى فى مجموعات صغيرة خارج وداخل منطقة الكمبيوم

(١) يدرس هذا الموضوع فى هذا المكان بهذه المناسبة بصفة عامة فقط ، فلا يقتصر وجود الحزم الوعائية ، بطبيعة الحال ، على السوق ، وعلى ذلك فالدراسة التفصيلية موجودة بالفصول الاخرى

على شكل أشرطة متفرقة ولكنها تلتحم عن قرب أو أحيانا عن بعد بحزم مماثلة أو بالأنسجة الوعائية المركزية . ويطلق لفظ الحزمة الوعائية على هذه الأجزاء المنفصلة ، أو على امتدادات الجسم الوعائى (الفصل الخامس) ويتضح من هذا أن الحزمة الوعائية عبارة عن صفة تركيبية هامة للنبات ، بالرغم من أنها لم تحظ



(شكل ١٣٩)

الحزم الوعائية (ا) حزم جانبية من ذوات الفلقة الواحدة لها غطاء حزمى كثيف ، (ب) حزمة مركزية محيطية اللحاء ، (جـ) حزمة مركزية محيطية الخشب ، (د) حزمة جانبية من ذوات الفلقة الواحدة بها غمد سكلرنشيمى ووعاءان كبيران يكونان كمرة مع كتلة اللحاء المستديرة

بالاهتمام الكافى بالنسبة لوضعهـــا . وقد بينت دراسة العمود الوعائى وعلاقة المحور بالأطراف ، أن الحزمة ما هى الا جزء متفرع من الجهاز الموصل . ولا تعتبر الحزمة وحدة التركيب الأساسية التى تتركب منها الاسطوانة الوعائية ، فترتيب الأنسجة فى شكل اسطوانة وعائية هو الوضع البدائى أما الحزم المتباعدة فى المحور فهى أجزاء هذه الاسطوانة بعد تجزئها أثناء التخصص (الفصل الخامس) .

حجم وشكل الحزمة الوعائية : تختلف الحزم الوعائيـــة كثيرا فى التركيب والشكل ، وفى طريقها داخل جسم النبات ، كما تختلف أيضا من حيث علاقتها بالحزم الأخرى ، وبالجسم الوعائى المركزى . وقد عولجت دراسة الأنواع المختلفة للحـــزم من حيث علاقة الخشب واللحـــاء (مركزية ، جانبيـــة ، الخ) ومن حيث مرورها فى المحور (منفردة أو مشتركة) فى الفصلين الرابع والخامس . ولما كان من الممكن أن يطلق لفظ حزمة على أى شريط منفصل من الجهاز الوعائى سواء كان هذا الشريط صغيرا أم كبيرا . لذلك فقد تتركب الحزمة فى القطاع العرضى من عدد غير محدود من الخلايا ، أو من عدد قليل فقط أو حتى من خليتين فقط (شكل ١٥٠) . وقد تتركب نهايات الحزم فى الأوراق والثمار ، فى كثير من الأحيان ، من خلية واحدة فقط . وفى المقطع العرضى ، تكون الحزمة فى أغلب الأحيان بيضـــية . ولكنها قد تكون أيضا شريطية أو منشـــقة أو غير منتظمة الشكل .

تركيب الحزمة الوعائية : تختلف نسبة الخشب واللحـــاء اختلافا كبيرا فى الحزم المركزية والجانبية . ففى هذين النوعين قد يتكون معظم الحزم من نسيج واحد فقط . وقد تتركب الحزم الجانبية فى بعض الأحيان (كما فى الحزم المختزلة والحزم الأثرية ونهايات الحزم) من لحاء فقط أو خشب فقط . وقد يمتد الخشب فى الحزم الجانبية ولا ســـيما اذا كان قليلا فى كميته يمتد حول اللحـــاء الى درجة كبيرة أو صغيرة، كما هى الحال فى نبات ذيل الحصان[1] ، وبعض ذوات الفلقة الواحدة، وفى غير قليل من كاسيات البذور العشبية وقد يحدث فى هذا النوع من الحزم أن ينقسم الخشب الى مجموعات .

وفى بعض الحزم المتخصصة ، يحدث أن تختزل بعض خلايا أو اللحاء من حيث العدد ـ فتقل أو تنعدم الألياف فى كل من النسيجين . ويتكون اللحاء فى مثل

(١) Equisetum

هذه الحزم من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة فقط . ويتكون الخشب من أوعية وقصيبات أو أوعية فقط أو قصيبات فقط . هذه هى الحال فى كثير من ذوات الفلقة الواحدة وبعض ذوات الفلقتين مثل بعض نباتات الفصيلة الشقيقية [1] . وفى هذه الحالات ، تكون الأنابيب الغربالية والخلايا المرافقة فى أغلب الأحيان ، مرتبة بالتماثل ، ويكون من بين الأوعية القليلة وعاء أو أثنان أو ثلاثة أوعية فقط ذات قطر كبير . ويوجد فى حزم كثير من ذوات الفلقة الواحدة وعاءان كبيران ، واحد على كل من« كتفى » مجموعة الخشب كما فى الذرة . وفى بعض النباتات كما فى الموز ، يوجد وعاء كبير مركزى واحد . وفى نباتات أخرى يتركب الخشب من بضعة أوعية متشابهة فى الحجم .

وتتكون الحزم الصغيرة ، بطبيعة الحال ، تترتب الأنسجة الوعائية الابتدائية، معظمها أو كلها ، من أنسجة ابتدائية ، وتكون خلاياها موزعة بغير نظام عادة . وفى كثير من ذوات الفلقتين ، فى صفوف قطرية كما فى البرسيم[2] (شكل ١٤٠ أ) نبات الحرير[3] . وعندما تحتوى الحزمة على قليل من الأنسجة الثانوية،فان الجزء الوسطى منها يبين عادة انتظاما قطريا ضعيفا ، أما الخلايا الخارجية والداخلية ، فانها تكون غير منتظمة .

وكما تختلف نسبة الأنسـجة الابتدائية والثانوية ، كذلك تختلف نسـبة الخشب الأول والخشب التالى ، اذ يكون الخشب الأول بكمية كبيرة فى الحزم الصغيرة فى الساق والأوراق عادة . وتختلف أيضا نسبة تكون فراغات الخشب الأول ، وهى واسعة بنوع خاص فى كثير من ذوات الفلقة الواحدة . ويظهر فى كثير من الأحيان مع الخلايا الموصلة من اللحاء والخشب أشرطة أو اغماد من الأليـاف ، ويتكون بذلك تركيب موصل دعامى معقد طالمـا أطلق عليه اسم « الحزمة الوعائية الليفية » وقد اتسع استعمال هذا اللفظ ، حتى أطلق على الحزم التى ليس لها أغماد أو قلنسوات ليفية ، وبذلك استعمل بغير دقة لجميع الأشرطة الوعائية،البسيط منها والمعقد.ومن الناحية المورفولوجية قد يكون الجزء الليفى جزءا من الأنسجة الوعائية — اذ يحدث فى بعض الأحيـان أن تكون الألياف المغلفة للحزمة من الخارج جزءا من اللحاء الأول — وقد يكون هـذا

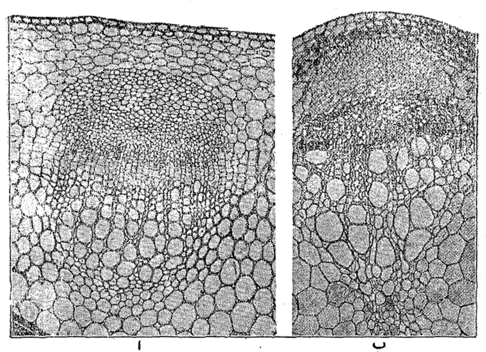
---

(١) Ranunculaceae

(٢) Trifolium

(٣) Asclepias

الجزء خارجا عن هذه الأنسجة ونتيجة لهذا فقد حل لفظ « الحزمة الوعائية » محل اللفظ القديم .



(شكل ١٤٠)

الحزم الوعائية الجانبية لذوات الفلقتين (ا) فى نوع من أنواع البرسيم — ويبين الشكل حزمة صغيرة وأنسجة ثانوية فى بدء تكونها وخشبا ابتدائيا مرتبا قطريا . أما غطاء الحزمة فلم ينضج بعد — (ب) فى نوع من أنواع البسلة — ويبين الشكل حزمة تامة النمو وتغير انتظام الخلايا نتيجة نمو الاوعية

ويرجع ربط الألياف التى تعتبر من الناحية المورفولوجية خارجة من الحزمة — بالأنسجة الوعائية الى العلاقة الميكانيكية بين تدعيم ذلك الجزء من النبات الذى يحوى هذه الأنسجة وتدعيم الخلايا الموصلة الضعيفة . كما تكون الألياف المرتبطة بالحزم الوعائية ، سواء كانت جزءا من اللحاء أو البريسيكل أو القشرة عادة أغطية أو كتلا هلالية الشكل (فى المقطع العرضى) من الناحية الخارجية فقط أو الخارجية والداخلية معا للحزمة الوعائية (شكل ١٣٥ د ، وشكل ١٣٩ أ) وقد تتصل هذه الأغطية من الجوانب ، بحيث تكون أسطوانة دعامية واقية كاملة أما فى حالة الحزم المتباعدة عن بعضها البعض ، ولا سيما حين تكون مختزلة ومتخصصة الى حد كبير ، فانها غالبا ما تكون مغلفـة بالألياف تغليفـا كاملا (شكل ١٣٩ د) كما هى الحال فى سوق كثير من ذوات الفلقة الواحدة ، ونباتات عشبية أخرى .

ويستعمل لفظ حزمة وعائية فى دراسة التشريح الوظيفى ، ليدل على حزم بغير أغماد ليفية ، وفيها لا يحتوى الخشب أو اللحاء على ألياف . ، وفيها يدل لفظ الحزمة الوعائية الليفية من الناحية الوظيفية على الحزمة التى يحتوى الخشب واللحاء فيها على ألياف كجزء من هذه الأنسجة ، سواء كانت هناك ألياف خارج هذه الأنسجة الموصلة أو لم تكن .

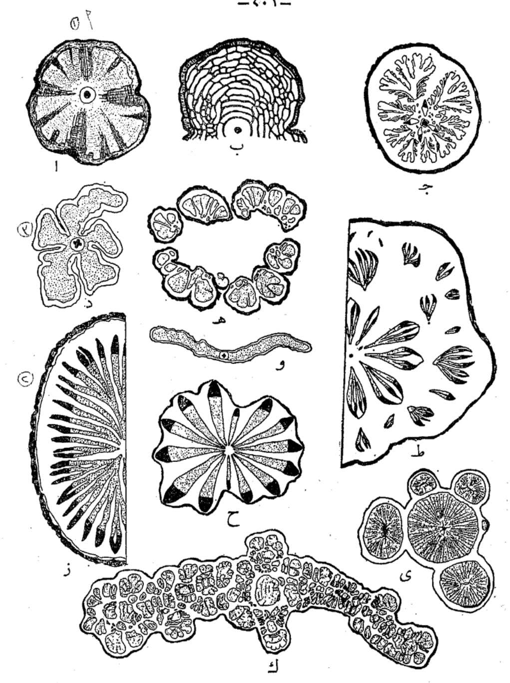
التركيب الشاذ فى السوق

بالرغم أن التركيب الوعائى للغـالبية العظمى من النبـاتات يعتبر عاديا ، الا أن هناك كثيرا من النباتات لها تركيب غير عادى ، على عدة أنواع ، ويمكن وضعها فى مجموعتين :

١ — فى المجموعة الأولى يكون الكمبيوم عاديا فى نوعه وفى عمره ولكنه ينشط بطريقة غير عادية وغير منتظمة مكونا أنسجة وعائية غير عادية فى ترتيبها وفى نسبة الخشب واللحاء فيها .

٢ — وفى المجموعة الثانية اما أن يكون الكمبيوم غير عادى فى وضـعه وبالتالى تكون عناصر الخشب الثانوى واللحاء الناتجة عنه غير عادية فى ترتيبها ، أو أن يحل محل الكمبيوم الأصلى طبقات كمبيومية أخرى ، تكونت بطريقة ثانوية ، وقد تكون هذه الطبقات الكمبيومية الاضافية غير عادية فى مداها وفى ترتيبها .

ويمكن اضافة الشذوذ الناتج عن وجود حزم نخاعيـة وحزم قشرية لهذه التراكيب غير العادية . ونتيجة لهذه الأوضاع المختلفة ووجود بعضها معـا ، تنشأ تراكيب غاية فى التعقيد . ومن الممكن تفسير جميع هذه الحالات عادة عن طريق دراسة تطورها التكوينى ، أما أثناء نمو المحور ذاته أو أثناء نمو البادرة . كما أن وصف بعض الحالات العديدة التى تبدو فيها تراكيب غير عادية ، يعطى فكرة واضحة عن الأنواع الرئيسية من الشذوذ . ففى بعض الأحيان يكون الكمبيوم عاديا فى موضعه وفى نشاطه ، ولكنه يكون فى بعض أجزائه كميات من الخشب أكبر كثيرا من اللحاء ، وفى أجزاء أخرى كميات من اللحاء أكبر من الخشب ، وعند ذلك تتكون أسطوانة مجعدة من الخشب ذات حواف بارزة



(شكل ١٤١)

التركيب الشاذ فى السوق (الانواع الخشبية المتسلقة) (ا) نبات من الفصيلة البجنونية (ب) نبات سكيوريدا الرمحى(١) (حـ) نبات بجنونيا (د) أحد أنواع بوهينيا (هـ) سيرجانيا اليوكتونا(٢) (و) أحد أنواع بوهينيا (ز) أحد أنواع أريستولوكيا (حـ) أحد أنواع بجونيا (ط) أحد أنواع الفلفل (ى) أهنويا سكاندنز(٣) (ك) أحد أنواع بوهينيا

---

(١) Securidace lanceolata

(٢) Serjania ichthyoctona

(٣) Ihinouia scandens

وتجاويف . وقد يكون هذا التركيب بسيطا كما فى شكل ١٤١ أ أو معقدا ، كما فى شكل ١٤١ حـ — وفى بعض النباتات مثل أريستولوكيا (شكل ١٤١ ز) تقوم أجزاء من الكمبيوم بتكوين برنشيمة شعاعية الشكل فقط ، وبزيادة القطر تقوم أجزاء أخرى من الكمبيوم بتكوين هذه البرنشيمة الشعاعية باستمرار ، وتتكون نتيجة لذلك أسطوانة من الخشب .

وبنفس الطريقة ، عندما يقتصر نشاط الكمبيوم على بعض المناطق دون غيرها ينتج عن ذلك أيضا تكوين سوق متعرجة الأسطح (شكل ١٤١ د) كما أن السوق التى تشبه السيور تتكون بنفس هذه الطريقة .

وتتكون السوق ذات الأشكال الغريبة الأخرى ، عن طريق وضع غير عادى للكمبيوم . ففى بعض النباتات طبقة الكمبيوم ، والساق لا تزال حديثة ، وتبرز بعض أجزائها للخارج . وتنفصل هذه الأجزاء بمضى الزمن ، وتكون أعمدة وعائية مستقلة (شكل ١٤١ ى) . وفى بعض النباتات الأخرى يظهر الكمبيوم أصلا على شكل عدة أشرطة منفصلة كل منهما يحيط بجزء من النسيج الابتدائى بحيث تبدو الساق ، وكأنها من عدة سوق ملتحمة . وتزداد هذه الحالة المركبة وضوحا عندما تتقدم الساق فى السن ، اذ تنفصل الأجزاء عندما تموت الطبقات الخارجية نتيجة تكون طبقات البريدرم ، (شكل ١٤١ هـ) . وبهذه الكيفية ، تتركب الساق من عدة أشرطة متراصة الواحدة بجوار الأخرى ، أشبه ما تكون بأشرطة الحبل . ويتكون بنفس الطريقة تركيب مماثل ، وذلك بتقطيع أسطوانة الكمبيوم الأصلية الى عدة أشرطة ، وقد تتقطع الأسطوانة الوعائية نفسها ، والمتكونة من هذا الكمبيوم ، عن طريق تداخل برنشيممة الخشب (شكل١٤١ك) اذ أن الزيادة الكبيرة فى الخلايا البرنشيمية فى الخشب واللحاء تمزق الأنسجة الأصلية والمتكونة أولا ، كما تمزق أيضا صفيحة الكمبيوم التى كونتها .

اللحاء بين الخشبى : قد يحدث فى حالات أخرى تغيرات من نوع آخر فى نشاط الكمبيوم ينتج عنها ما يسمى باللحاء بين الخشبى . وهذا النوع من اللحاء ثانوى ، تكون على هيئة أشرطة منطمرة فى الخشب الثانوى . ويتكون اللحاء بين الخشبى داخل الخشب الثانوى بطريقتين . على أنه من الممكن اعتبار تكون اللحاء بطريقة واحدة فقط (وقد وصفت الثانية أيضا فيما بعد) اذ أن نشاط الكمبيوم فى هذه الأنواع من النمو قد درس فى نباتات قليلة فقط . ففى بعض

النباتات مثل العسم[١] واتنادا[٢] يقال ان بعض أجزاء الكمبيوم تعطى الى الداخل خلايا لحاء لمدة قصيرة ، بدلا من خلايا الخشب التى تنتج عادة . وبعد فترة من هذا النشاط ، تعود هذه الأجزاء من الكمبيوم الى نشاطها العادى ، وبذلك ينطمر اللحاء المتكون للداخل بواسطة الخشب . وفى نباتات أخرى مثل جوز القيء[٣] تتكون أشرطة اللحاء بين الخشبى الى الخارج كجزء من اللحاء الخارجى العادى ، ولكن هذه الأشرطة تنطمر بعد ذلك فى الخشب بالطريقة الآتية :

تتوقف بعض أجزاء الكمبيوم عن النشاط وتتحول خلاياها الى نسيج توصيلى تام النمو . ثم تظهر أجزاء من الكمبيوم كمرستيم ثانوى فى اللحاء ، على بعد بضعة صفوف للخارج من الكمبيوم الأصلى أو تظهر فى البريسيكل . ثم تتحد هذه الأجزاء بأطراف أجزاء الكمبيوم فى أسطوانة الكمبيوم العامة ، وتكون هذه الأجزاء الأخيرة مستمرة فى نشاطها العادى . وبذلك تضم فيما بينها شريطا من خلايا اللحاء . وتتكرر هذه العملية فى أجزاء أخرى من الكمبيوم ، بحيث يحتوى الخشب الثانوى بعد ذلك على عدة أشرطة من اللحاء مبعثرة داخله .

ويتكون اللحاء المطمور بين أنسجة ثانوية أخرى فى النمو الثانوى لبعض ذوات الفلقة الواحدة (الفصل الرابع) . وتنتج أيضا أنواع أخرى من اللحاء المطمور ، عن طريق تكوين طبقات كمبيومية اضافية أخرى خارج اللحاء كما يتبين فيما يلى . وفى بعض النباتات توجد بعض هذه الطرق مجتمعة .

تكوين ونشاط الكمبيوم الاضافى : ترجع كثير من الأنواع غير العادية الى تكوين مناطق كمبيومية ثانوية . تنشأ هذه المناطق عادة فى البريسيكل وتقوم بوظيفتها ، كما يقوم الكمبيوم العادى . وفى الحالات التى يكون فيها الكمبيوم الأصلى غير عادى فى وظيفته ، فان هذه المناطق الجديدة من الكمبيوم تعيد هذا النشاط غير العادى . ويظهر هذا النشاط الكمبيومى الثانوى بعد أن تتوقف الطبقة الأولى عن نشاطها . وقد تظهر عدة طبقات اضافية على التوالى وتتوقف عن النشاط وبذلك تتكون أسطوانة من طبقات مركزية متبادلة من الخشب واللحاء (شكل ١٤١ ب) . وعندما تقتصر طبقات الكمبيوم الثانوى على بعض

---

(١) Combretum

(٢) Entada

(٣) Strychnus

أجزاء ضـيقة من المحيط ، تتكون سـوق مفلطحة أو مجعدة كثيرا . وعندما تتكون هذه الطبقات على جانب واحد أو جانبين متقابلين ، تتكون نتيجة لذلك ساق شبيهة بالشريط (شكل ١٤١ و) .

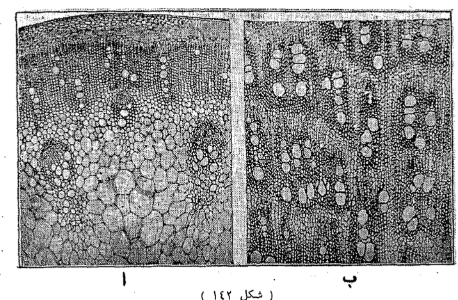
وتوجد أغلب هذه الأنواع من الأعمدة الوعائية المتحاورة فى نباتات لهـا طريقة نمو خاصة ، فكثير منها نباتات خشبية متسلقة ، وفيها تبدوا هذه التحورات مرتبطة بنوع الساق وما يتطلبه تركيبها من تدعيم .

ويوجد فى فصائل عرف الديك[١] والرمرامية[٢] وبعض الفصائل الأخرى القريبة منها نوع آخر من النمو الشاذ . فتتكون فى بادىء الأمر أسطوانة جوفاء من أنسجة وعائية أو تتكون حلقة من حزم مرتبة بغير نظام . بعض هذه الحزم ابتدائى وبعضها ثانوى . ولكن نشاط الكمبيوم يتوقف فجأة ويتكون بدلا منه كمبيوم ثانوى جديد فى البريسيكل ، أو خارج الحزم مباشرة ، ويقوم هـذا الكمبيوم الجديد ، فى بعض الأنواع ، بتكوين أنسـجة ناحية المركز على هيئة حزم (شبيهة بالحزم المتكونة سابقا) وتنطمر فى النسيج غير الوعائى . وقد سمى النسيج الأخير بعدة أسماء مثل النسيج الضام أو النسيج بين الحزمى أو النسيج المتوسط . ويتركب من خلايا مستطيلة ملجننة تستطيع أن تكون فى بعض الأنواع الشجيرية « خشبا » غاية فى الصلابة . ويكون الكمبيوم كمية قليلة من البرنشيمة للخارج وقد لا يكون شيئا مطلقا . كما أن الحزم التى تتكون بهذه الطريقة قد لا تكون مرتبة ، أو قد تكون مرتبة فى حلقات متوازية محدودة . وفى الرمرام (شكل ١٤٢) يتكون اللحاء للخارج ولكنه ينطمر بعد ذلك نتيجة لتكوين قوس من الكمبيوم خارجه . وفى هذا الجنس بالذات يصمد هذا الكمبيوم الثانوى مكونا باستمرار ذلك النسيج المعقد من الحزم المطمورة . وفى أجناس أخرى سرعان ما يحل محل الكمبيوم الثانوى الأول طبقات أخرى من الكمبيوم وتكون هذه الطبقات بالتتابع حلقات من الحزم المطمورة .

ويشبه الى حد كبير نشاط طبقات الكمبيوم الثانوى الكمبيوم العادى فى نباتات أخرى من هذه الفصائل . ولكن هذا النشـاط يتعقد نتيجة لاستمرار النمو الابتدائى . ويعطى جذر البنجر العادى مثلا واضحا لهذه الحالة (شكل ١٤٣) . (ويتركب ما يسمى « جذر » ومنطقة الانتقال ويضع عقد من الساق)

(١) Amarantaceae

(٢) Chénopodiaeae



(شكل ١٤٢)

النمو الثانوى الشاذ فى نبات الرمرام [1] (ا) جزء من ساق حديثة يبين الحزم النخاعية (بأنسجة ابتدائية وثانوية) داخل الاسطوانة الثانوية . (ب) جزء من الاسطوانة الثانوية تبين المجموعات المتبادلة من الخشب واللحاء والنسيج الضام . (الخشب داكن اللون ــ اللحاء بقع ممدة والانسجة)

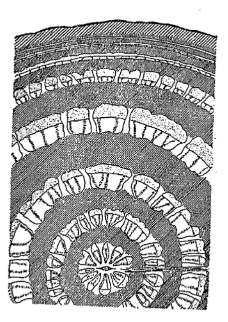
اذ يكون الكمبيوم الأول حلقة من الحزم قريبة من الخشب الابتدائى . ثم سرعان ما يظهر كمبيوم ثانوى فى البريسيكل ، يتبعه تكوين طبقات أخرى بتتابع سريع بنفس الطريقة . ثم تستمر جميع هذه الطبقات فى نشاطها ، ربما بلا توقف . ولكنها تبدأ سريعة ثم تبطىء بعد ذلك . ويبدو الكمبيوم عند ظهوره على هيئة شريط كامل ولكنه يكون حزما منفصلة الى حد ما ، كما يعطى أشرطة من البرنشيمة الضامة بين الحزم الوعائية . ويكون موقع كل طبقة من طبقات الكمبيوم عند ظهورها بحيث تضم داخلها بضع طبقات من خلايا البريسيكل . وتنقسم هذه الخلايا وتتضاعف مكونة طبقة برنشيمية بسرعة قد تفوق سرعة تكوين الكمبيوم للطبقة الوعائية . وبهذه الطريقة تتكون طبقات متبادلة من البريسيكل متضاعف وحزم وعائية .وتكون الطبقات الأولى الحلقات الداكنة فى جذر البنجر أما الطبقات الثانية فتكون الحلقات ذات اللون الفاتح . وتكون معظم الحزم الوعائية ذاتها من خلايا برنشيمية مع قليل من خلايا ملجننة فى منطقة الخشب . ويستمر النمو خلال جميع الطبقات . ويستمر فى الحزم سواء كان عن طريق النشاط الكمبيومى أو بتضاعف الخلايا البرنشيمية الموجودة فى الخشب واللحاء . وبهذه الطريقة

---

(1) Chenopodium album

يزداد جذر البنجر . فى الحجم عن طريق نمو جميع طبقاته . وقد لا تكون جميع الطبقات فى اسطوانات كاملة ولكنها تلتحم بغير نظام بطبقات أخرى بحيث يتكون نتيجة لذلك تركيب معقد غير متماثل .

وقد يرجع التركيب الشاذ فى بعض الأحيان الى وجود حزم نخاعية وحزم قشرية وقد توجد هذه الحزم مع تراكيب أخرى غير عادية أو قد توجد فى سوق يكون تركيبها عاديا فيما عدا ذلك . هذه الحزم النخاعية قليلة الوجود فى السرخسيات كما فى بتريديم . أما فى ذوات الفلقتين فتوجد الحزم النخاعية فى عدد كبير جدا من الفصائل مثل الفلفلية [١] والشقيقية وفصيلة عرف الديك والبربريس والفصيلة القرعية . أما الحزم القشرية فأقل شيوعا من الحزم النخاعية ، ومعروفة بين النباتات التى تنتمى لفصيلتى الكاليكثية [٢] والساج الهندى [٣] ويندر وجودها فيما عدا ذلك . كما أن كثيرا من الحزم التى تسمى بالحزم القشرية هى فى حقيقة الأمر حزم المسيرات الورقية التى تسير خلال القشرة لمسافة ما قبل دخولها فى العمود الوعائى ، كما هى الحال فى بجونيا وكازورينا . وفى النباتات ذات القشرة اللحمية مثل كثير من نباتات الفصيلة الشوكية [٤] حيث



(شكل ١٤٣)

قطاع عرضى فى جذر البنجر يبين النمو الثانوى الشاذ . وتظهر فيه طبقات متبادلة من الحزم الوعائية والبريسيكل المتضاعف (مخطط فى الشكل) ، كما يظهر اللحاء (منقط) والخشب فى صفوف قطرية ، وبرنشيمة الخشب والنسيج بين الحزمى الثانوى غير مظلل . كما تبدو جميع الطبقات فى حالة نمو

(١) يستعمل هذا السرخس بشكل شائع ليبين تركيب الساق فى السرخسيات ولكن بسبب هذه الصفة ولنواحى غير عادية أخرى فى تركيبه يعتبر اختيارا غير موفق ويجب أن تستعمل بدلا منه أنواع نموذجية .

(٢) Piperaceae (٣) Calycanthaceae

(٤) Melastomaceae (٥) Cactaceae

تختزل الأوراق وتقوم القشرة الى حد كبير بعملية البناء الضوئى تتفرع المسيرات الورقية عند قاعدتها وتخترق فروعها الأنسجة القشرية .

وتوجد الأنواع المختلفة من تراكيب الجذر والساق ، والتى توصف فى كثير من الأحيان بأنهــا تراكيب غير عادية ، فى كثير من فصائل النباتات الوعائية ، أى السرخسيات والسيكاديات وكاسيات البذور . وفى هذه المجموعة الأخيرة ، توجد هذه التراكيب فى كثير من الفصائل ، كما أن بعض هذه الفصائل الأخيرة ، تكون نباتاتها ذات تراكيب غير عادية .

REFERENCES — المراجع

ARBER, A. : Studies in the Gramineae, IX. The nodal plexus, *Ann. Bot.*, **44**, 593-620, 1930.

BANCROFT, H. : The arborescent habit in angiosperms, A review, *New Phyt.*, **29**, 153-169, 227-275, 1930.

CHAMBERLAIN, C. J. : Growth rings in a monocotyl, *Bot. Gaz.*, **72**, 293-304, 1921.

CHAUVEAUD, G. : L'appareil conducteur des plantes vasculaires et les phases principales de son évolution, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9 sér., **13**, 113-438, 1911.

COL, A. : Recherches sur la disposition des faisceaux dans la tige et les feuilles de quelques dicotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 8 sér., **20**, 1-288, 1904.

COMPTON, R. H. : Theories of the anatomical transition from root to stem, *New Phyt.*, **11**, 13-25, 1912.

DORMER, K. J. : An investigation of the taxonomic value of shoot structure in angiosperms with especial reference to Leguminosae, *Ann. Bot. N. S.*, **9**, 143-152, 1945.

GÉRARD, R. : Recherches sur le passage de la racine à la tige, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **11**, 279-430, 1881.

GWYNNE-VAUGHAN, D. T. : Observations on the anatomy of solenostelic ferns, Part I, *Ann. Bot.*, **15**, 71-98, 1901. Part II, *Ann. Bot.*, **17**, 689-742, 1903.

HÉRAIL, J. : Recherches sur l'anatomie comparée de la tige des dicotylédones, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **2**, 203-314, 1885.

JEFFREY, E. C. : The morphology of the central cylinder in the angiosperms, *Trans. Can. Inst.*, **6**, 599-636, 1899.

——: The structure and development of the stem in the pteridophyta and gymnosperms, *Phil. Trans. Roy. Soc. London,* **195B**, 119-146, 1903.

——: " The Anatomy of Woody Plants, " Chicago, 1917.

—— and R. E. TORREY : Physiological and morphological correlations in herbaceous angiosperms, *Bot. Gaz.*, **71**, 1-31, 1921.

LAMOUNETTE, M. : Recherches sur l'origine morphologique du liber interne, Thesis, Fac. Sci., Paris, 1891.

PFEIFFER, H. : Das abnorme Dickenwachstum, *in* Linsbauer, K. : " Handbuch der Pflanzenantomie, " IX, 1926.

ROSELER, P. : Das Dickenwachsthum und die Entwickelungsgeschichte der secundären Gefässbündel bei den baumartigen Lilien, *Jahrb. Wiss. Bot.,* **20,** 292-348, 1889.

SARGANT, E. : A new type of transition from stem to root in the vascular system of seedlings, *Ann. Bot.,* **14,** 633-638, 1900.

SCHENCK, H. : Beiträge zur Biologie und Anatomie der Lianen. *In* SCHIMPER, A. F. W. : " Botanische Mittheilungen aus den Tropen " **4,** Jena, 1892.

SCHOUTE, J. C. : Die Stammesbidung der Monocotylen, *Flora,* **92,** 32-48, 1903.

SCOTT, D. H., and G. BREBNER : On the anatomy and histogeny of *Strychnos, Ann. Bot.,* **3,** 275-304, 1889.

——: On the internal phloem in the root and stem of dicotyledons, *Ann. Bot.,* **5,** 259-300, 1891.

SCHWENDENER, S. : Das mechanische Princip im Bau der Monocotyledonen, 1874.

SINNOT, E. W. : The anatomy of the node as an aid in the classification of angiosperms, *Amer. Jour. Bot.,* **1,** 303-322, 1914.

—— and I. W. BAILEY : Investigations on the phylogeny of the angiosperms, No. 4. The origin and dispersal of herbaceous angiosperms, *Ann. Bot.,* **28,** 547-600, 1914.

SKUTCH, A. F. : Anatomy of the axis of the banana, *Bot. Gaz.,* **93,** 233-258, 1932.

STRASBURGER, E. : Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen in den Pflanzen, Histologische Beiträge III, Jena, 1891.

VAN TIEGHEM, P. : Sur les tubes criblés extralibériens et les vaissaux extraligneux, *Jour. Bot.,* **5,** 117-128, 1891.

—— and H. DOULIOT : Sur la polystélie, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 7 sér., **3,** 275-322, 1886.

WEISS, J. E. : Das markständige Gefässbündelsystem einiger Dikotyledonen in seiner Beziehung zu den Blattspuren, *Bot, Centralbl.,* **15,** 280-295, 318-327, 358-367, 390-397, 401-415, 1883.

WORSDELL, W. C. : The origin and meaning of medullary (intraxyhlary) phloem in the stems of dicotyledons, II. Compositae, *Ann. Bot.,* **33,** 421-458, 1919.

الفصل الثانى عشر

الورقـــة

الورقة عضـــو متخصص فى القيام بعملية البناء الضـــوئى . وتعتبر هـــذه العملية أهم وظائف النبات ، لأن غيرها من الوظائف مرتبط بها ، أو يعتمد عليها ، بطريق مباشر أو غير مباشر ، وبالورقة أنسجة هامة تقوم بعمليتى الامتصاص والانتقال ، وتعزى أهمية هذه الأنسجة ، لأنها تمد الورقة بالمواد التى تشترك فى عملية البناء الضـــوئى ، ولأنها تنقل المواد الناتجة منها . وهـــذه الأنســـجة دعامية مركبة فى النباتات الكبرى ، وهى تساعد على حمل مساحات كبيرة من الأوراق ، وتعرضـــها للضوء ، فتقوم بعملية البناء الضوئى على أحسن وجه .

والورقة عضو ذو أهمية قصوى للبنات وغيره من الكائنات الحية ، حيث أن كل الأحياء ، فيما عدا بعض أنواع البكتريا المتخصصة ، تعتمد بطريق مباشر أو غير مباشر على نواتج البناء الضوئى .

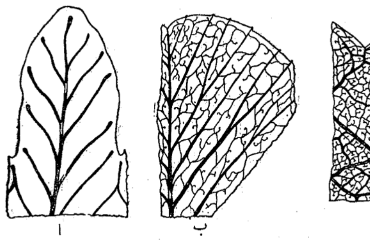
الشكل الخارجى للورقة : يختلف شكل الورقة تبعـــا لاختلاف المجموعات النباتية . ففى بعض المجموعات النباتية البدائية ، تظهر الورقة كزائدة جانبية على المحور النباتى ، وتنشأ من أنسجة البشرة والبشرة،والأنسجة الوعائية . ويتكون هيكل الورقة من الأنسجة الوعائية الخشب واللحاء ، وما يصاحبهما من أنسجة اسكلرنشيمية ــ التى تضم الأنسجة الخضراء الناشـــئة من القشرة . أما بشرة الورقة فمتصلة ببشرة الساق.والورقة فى المجموعات النباتية الأخرى كالسراخس والنباتات البذرية ــ عبارة عن ساق مختزلة ، التحمت أجزاؤها بدرجات متفاوتة وتشبه الورقة فى كثير من ذوات الفلقة ، وبعض ذوات الفلقتين العنق الورقى أى أنها عنق منبسط مفلطح . كما تقوم بوظيفة الورقة فى بعض النباتات ، مثل نبـــاتات فيللوكلاداس[1] فريعات ملتحمة تشبه الورقة شكلا ، ولكن تركيبها الداخلى وموضع وترتيب الأنسجة الوعائية داخلها ، يؤكد أنها فروع الساق (انظر أنواع الأوراق الفصل الرابع عشر) .

---

(١) Phyllocladus

وتتكون الورقة من أجزاء ثلاثة عادة : الجزء المفلطح حيث توجد معظم الأنسجة الخضر وهو النصل والعنق الذى يحمل النصل على محور النبات كما ينقل الغذاء والقاعدة وهى الجزء المتصل بالساق مباشرة وقد توجد الأذينات وهى عبارة عن زوج من الفصوص أو الزوائد الجانبية الصغيرة عند قاعدة الورقة. ولا توجد الاذينات فى كثير من النباتات ، أو سرعان ما تختفى منها بانفصالها عنها وسقوطها . ولكنها مستديمة فى بعض النباتات الأخرى ، وأحيانا تشترك بنصيب وافر فى عملية البناء الضوئى ، كما فى البسلة وتعتبر الأذينات من الناحية التشريحية زوائد عند قاعدة الورقة ، تمدها بالغذاء أوعية ناشئة من أصول الحزم الورقية .

تنقسم الأوراق من حيث التعرق الى نوعين ، أحدهما متوازى التعرق ، وفيه تتخلل الحزم الرئيسية الورقة دون أن تتشابك ، والآخر شبكى التعرق ، وفيه تتشابك الفروع الرئيسية للجهاز الوعائى . وهناك أنواع أخرى من التعرق مثل الريشى والراحى ، أو المغلق والمفتوح — وغيرهما من الأنواع ، تعتمد فى تصنيفها على أساس ترتيب الحزم الوعائية بالورقة .




(شكل ١٤٤)

الهيكل الوعائى للاوراق (ا) ورقة الاسبيديوم(١) حيث لا توجد جزر واضحة بين العروق ، (ب) جزء من وريقة البرسيم ، حيث يغلب على الجزر بين العروق عدم الوضوح (ج) جزء من ورقة التفاح مالس بيوميلا(٢) يبين الجزر محددة وهو النوع الغالب

(١) Aspidium

(٢) Malus pumila

ومهما كان ترتيب الحزم الوعائية الكبرى بالورقة ، فان فروعها الدقيقة فى أوراق كاسيات البذور،تحيط فى النهاية بمساحات صغيرة من نسيج البناء الضوئى وتصبح وثيقة الصلة بها (شكل ١٤٤ ب، حـ) وقد سميت هذه المساحات الصغيرة بين العروق الدقيقة بالجزر . ويمكن اعتبارها وحدات تركيبية محددة محاطة بحزم وعائية صغيرة،يرتبط عملها بنسيج البناء الضوئى ، بخلاف الحزم الكبرى المحاطة عادة بنسيج سكلرنشيمى . ويختلف حجم وشكل الجزر بين العروق باختلاف أنواع التعرق ، وباختلاف نوع النبات . فهى غير واضحة فى بعض النباتات وخصوصا السراخس والنجيليات (شكل ١٤٤ أ) وتنمو هذه الجزر وتزداد مساحة سطحها تبعا للنمو العام للورقة ، حتى اذا اكتمل نمو الورقة ، فى أى نوع من النبات ، تصبح مساحات الجزر ثابتة ، بصرف النظر عن حجم الورقة ، أو عمر النبات .

توزيع الأوراق : تتوقف طريقة توزيع الأوراق على الساق ويعتمد اختلاف شكلها وحجمها على كمية الضوء التى يتعرض لها سطحها الذى يقوم بالبناء الضوئى . وتعرف طريقة توزيع الأوراق على الساق ، بالافتراق الزاوى . ومع أن اختلاف شكل الأوراق ذو أهمية لعلم تقسيم النبات ، الا أنه وثيق الصلة باختلاف التركيب الداخلى للنبات . وتختلف أنواع الافتراق الزاوى باختلاف ترتيب المسيرات الورقية الناشئة من الاسطوانة الوعائية الابتدائية للنبات . كما تختلف أشكال وأحجام نصل الورقة ، باختلاف كمية وترتيب الاسكلرنشيمة والأنسجة الوعائية بالورقة .

نشأة الورقة : تنشأ الأوراق من النسيج الانشائى الأول بالقمة النامية للساق . وتظهر بداية الورقة أول ما تظهر ، كنتوء مستدير أو اسفينى الشكل ، على جانب النسيج الانشائى الأول . ويساعد على ظهور بداية الورقة ، انقسام الخلايا عموديا على السطح ، وموازيا له ، فى الطبقات الخارجية للنسيج الانشائى الطرفى تحت القمة مباشرة . وتوجد عند قمة النتوء الورقى ، مجموعة من الخلايا الانشائية ، التى تكون النسيج الانشائى الطرفى للورقة . ويختلف سلوك هذا النسيج الانشائى باختلاف شكل وتركيب الورقة النامية .

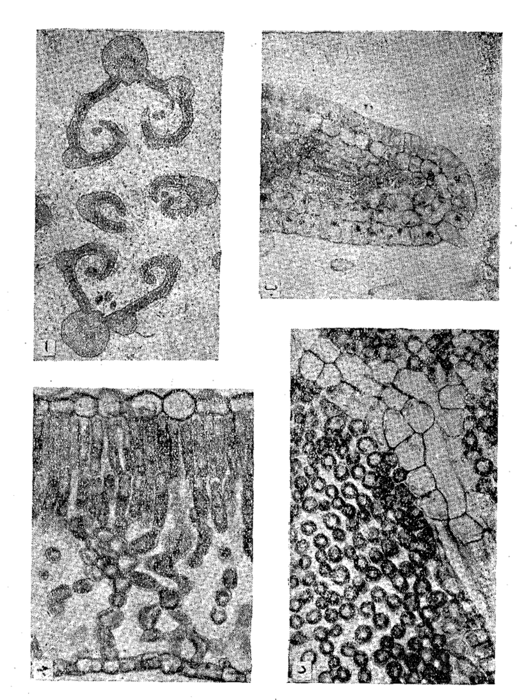
وعند تكون ورقة بسيطة لنبات ذى فلقتين ، يبنى هذا النسيج الانشائى الطرفى ، جسما قصيرا أصبعى الشكل ، مفلطحا عند طرفه البعيد . واذا كانت

الورقة ذات أذينات تتكون الأنسجة الانشائية للأذينات مبكرا،وتبدو كانتفاخات عند قاعدة هذا الجسم . ثم تظهر على الجسم الأصبعى الشكل ، فيما عدا قاعدته ، حافتان جانبيتان هما النسيجان الانشائيان الحافيان ، اللذان يكونان نصل الورقة (شكل ١٤٥ أ) . وأثناء نمو الورقة ، تظل قاعدة الجسم الأصبعى الشكل دون تمدد ، وتكون نسيجا انشائيا بينيا ، هو الذى يبنى عنق الورقة .

ويصبح جسم النسيج الانشائى الأصبعى الشكل،عرق الورقة الوسطى . وفى الأوراق المركبة الريشية ، يبنى النسيج الانشائى الطرفى المتكون أولا ، المحور المركزى أو محور النصل . وتنشأ الوريقات الجانبية من بادءات تظهر جانبيا على هذا الجسم ، وتعمل كأنسجة انشائية طرفية لتكون محور كل وريقة . ثم تكون الأنسجة الانشائية الحافية على محاور هذه الوريقات ، نصال الوريقات كما فى الأوراق البسيطة .

ويتكون نصل الورقة تبعا لنظام معين يختلف فى بعض التفاصيل الصغيرة فقط . فتنشأ البشرة من الطبقة السطحية للنسيج الانشائى الحافى،بانقسام الخلايا فى مستويات عمودية على السطح . وتنشأ خلايا تحت البشرة على سطحى الورقة ، بانقسام الخلايا عموديا على السطح . وتظل طبقات تحت البشرة واضحة تماما فى المراحل الأولى من النمو ، وتنمو مسايرة نمو الورقة بانقسام خلاياها المستمر عموديا على السطح . وفى المرحلة التالية من النمو ، تكون الطبقة القريبة من المحور ، تكون الطبقة العليا من الخلايا العمادية ، وتكون الطبقة البعيدة عن المحور ، الطبقة السفلى من البرنشيمة الأسفنجية ، وربما كونت أيضا بعض الطبقات الأعمق ورا من النسيج المتـوسط بانقسام خلاياها موازيا للسطح (شكل ١٤٧) .

وتتكون الأنسجة المركزية للنسيج المتوسط ، بانقسام بدايات تحت البشرة فى النسيج الانشائى الحافى ، موازيا للسطح . وتنقسم الخلايا الداخلية الناتجة من الانقسام السابق فى كل المستويات ، مكونة النسيج المتوسط المركزى ، الذى يتركب من الجزء الداخلى من البرنشيمة الأسفنجية والحزم الوعائية ، وأحيانا يصل الى الطبقات الداخلية للنسيج العمادى (شكل ١٤٧) ، وتحدث انقسامات سريعة موازية للسطح ، فى المنطقة الوسطى للنسيج المتوسط ، قريبا من النسيج الانشائى الحافى (شكل ١٤٥ ب) ، فيتكون بسرعة ، أكبر عـدد من طبقات الورقة ملاصقة لهذا النسيج الانشائى .



(شكل ١٤٥)

نمو وتركيب ورقة مالس بيوميلا (١) أ ، قطاع عرضي في ساق خضرية فوق القمة النامية تبين خطوات متتابعة لنمو النصل ، الورقتان الاولى والثانية (اليسرى واليمنى في وسط الشكل على الترتيب) تبين الانسجة الانشائية الحافية نامية على طول الجوانب السفلية للعرق الاوسط ، ويتضح العرق الوسطى والعروق الابتدائية في الورقة الثالثة والورقة الرابعة (السفلى والعليا على الترتيب (أما الاجسام لصفيرة المستديرة فهى غدد ب ، قطاع عرضي في النسيج الانشائي الحافي مبينا طبقة البشرة الناتجة من انقسام عمودى على السطح فقط،والنسيج المتوسط المركزى ناتج من انقسام عمودى وآخر مواز للسطح : الى اليسار يتميز عرق ، الى اليمين تظهر شعيرة نامية من خلية بشرة . جـ ، قطاع عرضي في عرق صفير مبينا غلاف الحزمة محيطا بالعناصر الوعائية ، وتنحنى خيوط من الخلايا العمادية والنسيج المتوسط الاسفنجي وتتصل بخلايا غلاف الحزمة . د ، قطاع مواز لسطح الورقة خلال النسيج العمادى والجزء العلوى من أحد العروق مبينا المسافات البينية في النسيج العمادى .

(عن ماك دانيالز وكوارت)

---

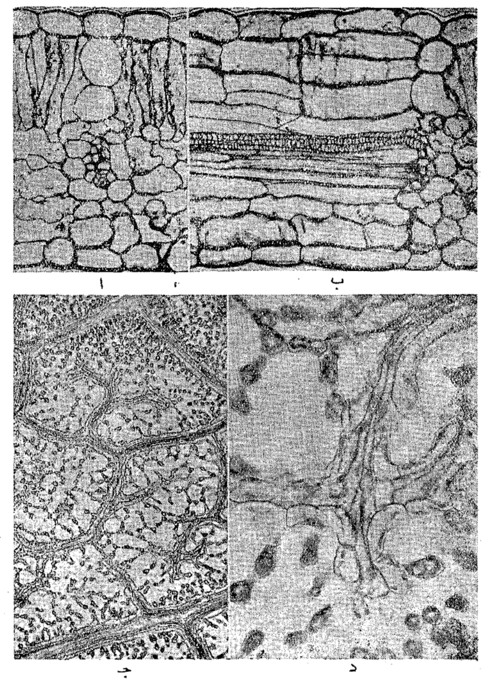
(١) : *Malus pumil*

نشأة العنق والأذنيات : يظهر العنق ملازما لتمدد نصل الورقة ، فتنقسم خلايا النسيج الانشائى للعنق ويتبع ذلك استطالتها .

وتختلف نشأة الأذينات باختلاف صلتها بقاعدة الورقة . وفى معظم ذوات الفلقتين تتصل الأذينات بقاعدة الورقة.وتظهر الورقة الصغيرة فى الأوراق الأولى بهذه النباتات ذات ثلاث شعب لنمو الأذينات بسرعة ، وفى أنسجة انشائية قمية وحافية ، وقد تظهر الأذينات فى القطاع العرضى ذات حجم مساو أو أكبر من عنق الورقة فى البراعم الساكنة، وقريبا من النسيج الانشائى الطرفى للسوق الصغيرة . وتسقط معظم أشجار المناطق الحارة أذيناتها قبل أو بعد نضوج أوراقها . وتختلف قليلا نشأة الأنواع الأخرى من الأذينات ، كالأذينات المغلفة ، والأشواك الأذينية ، ولأذينات المتصلة جانبيا بعنق الورقة .

عمر الورقة : تستمر أوراق معظم النباتات فى النمو القمى والحافى لمدة قصيرة نسبيا ، ولكن القمة النامية الطرفية لأوراق السراخس ، تظل موجودة فترة من الزمن وتستمر القمة فى النمو بعد نضج قاعدة الورقة . وفى بعض الأجناس يستمر النمو القمى فترة قد تزيد على العام ، وتتكون نتيجة لذلك أوراق طويلة جدا . وفى النباتات الأخرى ، عدا السراخس ، يقف النمو القمى والحافى مبكرا ، ويستمر النمو العام فى الورقة الصغيرة . ويتضح الشكل العام والتركيب الأساسى لمعظم الأوراق والورقة ما تزال صغيرة . وتوجد أوراق صغيرة بالبراعم الشتوية لكثير من أشجار المناطق الحارة مثل نبات ليريود يندرون[1] تشبه فى شكلها الأوراق الكاملة النمو وجهازها الوعائى الرئيسى واضح المعالم ، كما أن بها ، منذ البداية جزءا لا بأس به من الخلايا . وينتج النمو التالى من زيادة سريعة فى حجم الخلايا ، ومن نضج خلايا النسيج المتوسط والأنسجة الوعائية ، يحدث ذلك أثناء فترة تمدد الورقة . وقد تتكون خلايا جديدة فى الورقة أثناء هذه الفترة وعندما تصل الورقة الى حجمها النهائى ، يزيد عادة قطر الحزم الوعائية الكبرى بالنمو الثانوى . وطبيعى أن هناك اختلافا كبيرا فى الوقت الذى تحتاجه الورقة لاكتمال نموها فى النباتات المختلفة . ففى النباتات الخشبية بالمناطق المعتدلة ، يكتمل تمدد الأوراق ونضوجها بسرعة ، وتتوقف فترة النمو على درجات الحرارة الموسمية . ففى كثير من نباتات المناطق الحارة ، وفى الأنواع العشبية ذوات

(١) Liriodendron



(شكل ١٤٦)

التركيب الوعائى للورقة . أ ، قطاع عرضى فى عرق صغير بورقة نبات فيتس فالبينا(١) (العنب) مبينا البرنشيمة الحافيـة وامتدادات العـرق حتى طبقة البشرة ، ب قطاع طولى فى عرق ورقة نبـات فيتس فالبينا (العنب) شبيه بالاول أ وقطاع عرضى لجزء من عرق متصل مبينا خلايا امتداد العرق وخلايا البشرة المستطيلة فى اتجاه العرق جـ ، قطاع مواز لسطح ورقة مالس بيوميلا (٢) (التفاح) خلال النسيج المتوسط الاسفنجى مبينا تشعب الحزم الوعائية كما تظهر جزيرة كاملة بين العروق (الى أعلى) ونهايات الحزم ، د نهاية الحزمة الظاهرة بالجانب الايمن السفلى للشكل جـ قوة تكبيرها أكبر ويظهر بها اختزال العناصر الوعائية . (ا ، ب عن ويلى ، جـ ، د عن ماك دانيالز وكوارت)

---

(١) Vitis vulpina

(٢) Malus pumila

الأوراق الكبيرة جدا ، تمتد فترة النمو زمنا أطول . وتظهر الأنسجة الانشائية البينية بالأوراق الشريطية بكثرة ، كما فى النجيليات عامة ، وفى أجناس مثل الزنبق [١] والبصل والثوم [٢] والصنوبر . وفيما عدا بعض عاريات البذور الشاذة كما فى نبات فلفتشيا [٣] تبقى هذه الأنسجة الانشائية لفترة قصيرة نسبيا، ولكنه يبدو أن فترة نشاطها فى النبات السابق ذكره غير محددة .

نشأة النسيج الوعائى بالورقة : تكون الأنسجة الوعائية الابتدائية لنصل الورقة وعنقها ، جهازا متصلا بالمسير الورقى . وتنشأ جميع أجزاء هذا الجهاز الوعائى من الكمبيوم الأولى ، ولو أن فترة نضوجه تختلف فى أجزاء الورقة المختلفة . وينضج عادة ، أول ما ينضج من النسيج الوعائى (الخشب واللحاء) جزؤه الظاهر من المسير الورقى قريبا من مكان اتصال الورقة بالساق ، وفى هذا المكان يتميز النسيج الوعائى عادة ، بعد تكون بداءة الورقة مباشرة ، قريبا من الطرف النامى .

وقد أثبتت المشاهدات الحديثة ، أن أنسجة اللحاء بالورقة والأنابيب الغربالية بصفة خاصة ، تظهر فى تعاقب قمى من أشرطة الكمبيوم الأولى الناتجة من اللحاء السفلى الذى يؤدى وظيفته . ولا يتكون خشب فى أصل الحزمة الورقى الناشىء حتى يكتمل ظهور وحدات الأنابيب الغربالية عند قاعدة بداءة الورقة ثم تظهر أنسجة الخشب فى هذا الوقت ، ويمتد ظهورها فى تعاقب قمى وآخر قاعدى . وربما كان نضج عناصر الأنابيب الغربالية فى تعاقب قمى من النسيج الوعائى السفلى الناضج أو قد يكون غير متصل فى شريط اللحاء الأول . وبينما تستطيل وتتمدد بداءة الورقة تمتد الحزم الوعائية بعيدا ، من المسير الورقى .

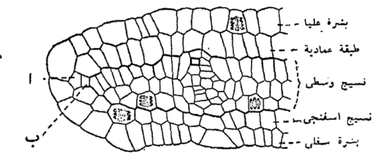
وتنشأ شبكة العروق المعقدة داخل نصل الورقة النامى ، من أشرطة الكمبيوم الأولى ، التى تنشأ بدورها من انقسام الخلايا الانشائية بالنسيج المتوسط المركزى فى الورقة الصغيرة ، (شكل ١٤٧) . ويحدث مثل هذا الانقسام ملتصقا بالنسيج الانشائى الحافى ، أو فى مكان آخر بالورقة ، حيث يستمر انقسام الخلايا . وقد يبتدىء تميز العناصر الوعائية كأشرطة منعزلة نوعا تنمو فى كلا الاتجاهين لتتصل بالأجزاء الأخرى من النسيج الوعائى .

---

(١) Iris (٢) Allium

(٣) Welwitschia

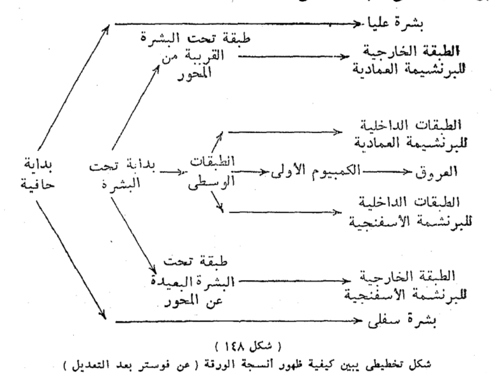
وتنشأ نفس الأنواع السابقة من الخلايا عند ظهور الأشرطة الناقلة بالورقة ، وبنفس تكونها بسوق النبـات . ومع ذلك ، فهناك عادة ، نسبة أكبر من عناصر



(شكل ١٤٧)

نشأة الطبقات الداخلية للورقة . حافة النصل الصغير لورقة الطباق (١) فى قطاع عرضى مبينا انقسام الخلايا فى مستوى عمودى على السطح فى طبقات البشرة وتحت البشرة وانقسام الخلايا فى كلا المستويين الموازى والعمودى على السطح فى النسيج المتوسط المركزى أ ، بداءة تحت البشرة التى نشأت منها ب ، (عن أفرى ، بعد التعديل)

الخشب الأول القابل للمط ، وخصوصا قرب نهاية الحزم (شكل ١٤٦ ب ، د) وفى الأوراق التى بها نمو ثانوى ، يظهر هذا النمو مباشرة بعد أن تصل باقى أجزاء الورقة الى حجمها النهائى .



(شكل ١٤٨)

شكل تخطيطى يبين كيفية ظهور أنسجة الورقة (عن فوستر بعد التعديل)

(١) Nicotiana Tabacum

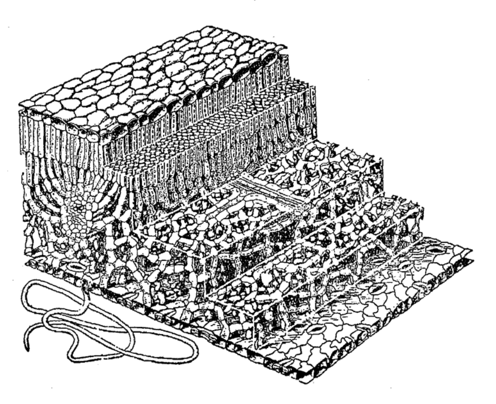
موضع النسيج الوعائى بالورقة :

يظهر اللحاء للخارج قبل أن تترك المسيرات الورقية العمود الوعائى لعاريات وكاسيات البذور . ويتخذ كل من الخشب واللحاء وضعه بالنسبة للآخر أثناء خروج المسيرات الورقية من العمود الوعائى ودخولها الى العنق والنصل ، بحيث يبدو اللحاء فى العنق عامة والنصل عادة ، متجها الى أسفل ، والخشب متجها الى أعلى (شكل ١٤٦ أ ، ١٥٤ ب) .

ورغم أن ترتيب الخشب واللحاء ثابت نوعا فى انصال الأوراق النموذجية ، الا أن هناك اختلافات عدة فى ترتيبهما بالعنق ويعزى ذلك لتعدد طرق التحام وانقسام والتواء المسيرات الورقية فى مسيرها خلال العنق . وفى كثير من النباتات تظل المسيرات الورقية التى تدخل العنق ، واضحة وتمر الى النصل دون تغير فى تركيبها أو موضعها . وفى غيرها من النباتات ، تلتحم المسيرات فى العنق ، مكونة شريطا وحيدا ، مختلف الشكل ، فى القطاع العرضى ، فتظهر كأسطوانة مفرغة ، أو مجموعة من الاسطوانات التى تشبه العمود الوعائى الى حد ما (شكل ١٥٣ أ ، ب) — وفى بعض النباتات الأخرى ، تنقسم المسيرات الورقية الى عدة أشرطة، ترتيبها وموضعها متنوع . وقد تتكون نتيجة لذلك عدة حزم مركزية بالعنق ، يحيط اللحاء فيها بالخشب ، وعند خروجها من العنق ودخولها الى النصل تتخذ الحزم الشكل المحورى عادة حيث يظهر اللحاء الى أسفل . ومع ذلك فان الترتيب الموجود بعنق الورقة يظهر أيضا فى العروق الكبرى .

وتمثل المسيرات الورقية الداخلة لورقة واحدة ، فى أوراق كثيرة من السراخس تمثل جزءا لا يستهان به من العمود الوعائى أسفل نقطة اتصالها بالعمود . وتمثل هــذه المسيرات الكبيرة فى معظم السراخس جزءا من هيكل اسطوانى مجوف مزدوج اللحاء ، وبمجرد تحررها من العمود ، تصبح مركزية ، يحيط اللحاء فيها بالخشب ، وينتج ذلك من التحام اللحائين الخارجى والداخلى ، على جانبى المسير الورقى . وكذلك يلتحم الاندودرمس الداخلى والخارجى حول المسـيرات . وتدخل هذه الحزم الى العنق وتنقسم مكونة الحزم الصغرى بالأوراق المركبة . ويغلب على العروق التفرغ الثنائى ، فى الأجزاء الصغيرة لأوراق كثير من الأنواع وتلتصق الفروع الدقيقة فى النهاية ، بالنسيج المتوسط تماما (شكل ١٤٤ أ) ، كما هو مشـاهد بكثرة فى أوراق كاسـيات البذور . ولكن الجهـاز الوعائى

فى التريديات ذوات الأوراق الصغيرة ، مثل الليكوبوديوم [١] وذيل الحصان [٢] ؛ يتكون من حزمة وحيدة تمر دون تفرع الى قمة الورقة .

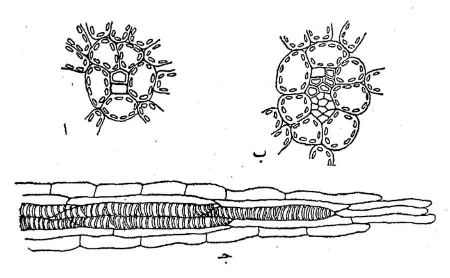


(شكل ١٤٩)
تركيب ورقة التفاح مبينا أوضاع الخلايا فى الانسجة المختلفة

أما الجهاز الوعائى للاذينات فناتج من المسيرات الورقية الجانبية بعد أن تترك العمود الوعائى (شكل ٧٠ ك) .وعندما لا تكون الأذينات متصلة بالعنق ، ولكنها تغلف الساق ، فان مسيرات الأذينات تخرج من المسيرات الورقية الموجودة بالقشرة — وقد لا تخرج مسيرات الأذينات من مسيرات الورقة الا بعد دخول الأخيرة عنق الورقة فى حالة اتصال الأذينات بالعنق بحيث تصبح جزءا مكملا للورقة . ومسيرات الأذينات فيما عدا النباتات ذوات الأذينات الورقية

(١) Lycopodium (٢) Equisetum

الدائمة — عبارة عن حزم صغيرة عادة ، خشبها مكون من عدد صغير نسبيا من العناصر الناقلة ولحاؤها مكون أساسا من البرنشيمة .



شكل ١٥٠

نهايات الحزم — ا ، ب قطاعان عرضيان فى ورقة مالس بيوميلا (التفاح) وتظهر الحزمة مغلفة ببرنشيمة تحتوى على بلاستيدات خضر ا ، حزمة صغيرة مكونة من قصيبة واحدة وخلية برنشيمية ، ب ، حزمة أكبر نوعا تحتوى على لحاء . ج ، قطاع طولى فى بتلة فريزيا[١] حيث تظهر القصيبات محاطة بخلايا برنشيمية

عناصر الخشب واللحاء بالأوراق : تشبه الأنسجة الوعائية الابتدائية والثانوية بأعناق الأوراق وعروقها الكبيرة تشبه فى تركيبها العمود الوعائى لنفس النبات — وذلك فيما عدا بعض ذوات الفلقة فاذا تميز الخشب مثلا بوجود أوعية سلمية بالعمود الوعائى للنبات فانا نشاهدها أيضا فى خشب العروق ، وبالمثل فى عناصر اللحاء . ويلاحظ أن الأوعية الخشبية والأنابيب الغربالية وخلايا البرنشيمة الموجودة فى أعناق الأوراق والعروق الكبرى لأوراق ذوات الفلقتين أصغر عادة من مثيلاتها فى الساق ، كما أن حزم هذه الأجزاء تحتوى على كمية أقل نسبيا من الأنسجة الثانوية ، اذا قورنت بكمية الأنسجة الابتدائية . ولو أن كمية النسيج الثانوى فى الأوراق تختلف باختلاف نوع النبات .

وتقل الأنسجة الثانوية كلما تفرعت الحزم الوعائية وأصبحت أصغر فأصغر ، حتى تنعدم تماما من الحزم الموجودة بالعروق المتوسطة والصغيرة ، كما أن حجم

---

(١) Fpeesia

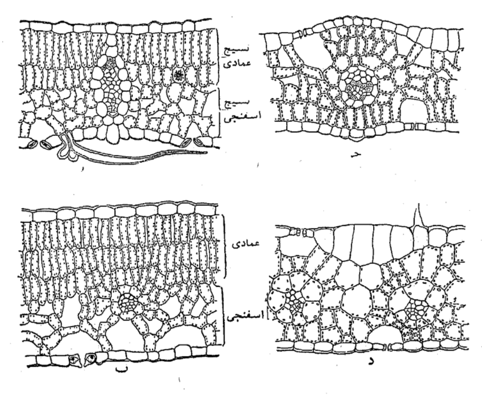
عناصر الأنسجة الوعائية يختزل هو الآخر . مثال ذلك ، تتركب العروق الصغيرة فى ورقة نبات خشبى ذى فلقتين كالتفاح ، تتركب من عدة عناصر حلزونية مغلفة أو شبكية يرافقها عدد مساو تقريبا من الأنابيب الغربالية الصغيرة ، والخلايا المرافقة ، والخلايا البرنشيمية ، كلها مغلقة بغلاف الحزمة (شـكل ١٥٠ ب) وبمزيد من الاختزال ، ربما تكون الخشب من عنصر واحد حلزونى (شكل ١٥٠ أ) ويتكون اللحاء من خلية برنشيمية واحـدة مستطيلة . وأثناء التدرج من لحاء مكون من أنابيب غربالية وخلايا مرافقة وخلايا برنشيمية ، الى لحاء مكون من خلية برنشيمية واحدة ، يختزل قطر الأنبوبة الغربالية الى قطر الخلية المرافقة أو الى أقل منه ، وذلك قبل اختفائها من اللحاء . كما أن خلية اللحاء الوالدة ، تعجز عن الانقسام فى العروق الصغرى . وتسمى الخلية البرنشيمية الناتجة فى هذه الحالة — والتى تشبه الخلية المرافقة شكلا — تسمى خلية انتقالية .

نهايات الحزم : تنتهى فروع الحزم الوعائية بالأوراق عندما يسمى نهايات الحزم — وفى الأوراق التى تظهر بها جزر محددة نوعا بين العروق ، تنحنى نهايات الحزم فى النسيج المتوسط للجزر ، وتنتهى فجأة قريبا من المركز . وقد يزيد حجم بعض نهايات الحزم نوعا عند طرفها أو تتفرع فى اتجاهات مختلفة (شكل ١٤٦ جـ ، د) . وقد تصبح نهايات الحزم مجرد بروزات قصـيرة من العروق ، تمتد خلال النسيج المتوسط فى الأوراق ذوات التعرق المتوازى مثل أوراق النجيليات أو فى الأوراق التى لا تظهر بها جزر محددة بين العروق . وتقوم نهايات الحزم ، وكذلك العروق المحيطة بالجزر بمد النسيج المتوسط بالماء والمواد الغذائية كما تمتص وتنقل نواتج البناء الضوئى . والملاحظ أن المسافة التى يقطعها الماء والمواد المذابة خلال النسيج المتوسط دائما ثابتة تقريبا ، وذلك نتيجة للتوزيع الخاص للجزر ونهايات الحزم بالورقة . ففى ورقة التفاح مثلا ، وجد أن المسافة بين نهايات الحزم وبعضها ، أو بين نهايات الحزم والعروق ، التى تحيط بالجزر ، تساوى حوالى ٨٨ ميكرونا .

ويختلف تركيب نهايات الحزم ، الى حد ما ، باختلاف نوع النبات . ومن المحتمل أن تتكون نهاية الحزمة ، فى ذوات الفلقتين الوسطية ، من وعاء خشبى واحد صغير حلزونى أو شبكى مصحوبا بخلية برنشيمية واحدة متخصصة ، وتخاط الخليتان بغلاف حزمى برنشيمى . ويظهر مثل هذا النوع من نهايات

الحزم فى أوراق التفاح كما فى أشكال ١٥٠ أ ، ١٤٦ د . ويلاحظ أن نهايات الحزم فى الثغور المائية وفى بعض الغدد ، وخصوصا الغدد الهاضمة بالنبات آكلة الحشرات (الفصل الرابع عشر) ذات تركيب أرقى من نهايات الحزم الأخرى.

غلاف الحزمة : تحاط الحزم الوعائيـة للأوراق عادة — فيما عـدا بعض الحالات ، كما فى بعض النباتات المائية والسراخس الرقيقة — بغلاف يسمى غلاف الحزمة . ويتكون هذا الغلاف من برنشيمة مستطيلة بموازاة محور العرق (أشكال ١٤٦ حـ ، ١٥٠ ب) ومتصلة جانبيا بطريقة ما ، بحيث تحيط بالنسيج الوعائى ، بغلاف محكم يشبه الأندودرمس ، ولكنه لا يحتوى مثله على أشرطة كاسبار ، وتحتوى هذه الخلايا على بلاستيدات خضر فى كثير من الأنواع كما فى نبات مالس بيوميلا ، كما أنها تشبه الخلايا المجاورة ، الا أنها أكثر منها استطالة



(شكل ١٥١)

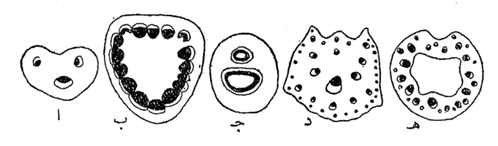
تركيب الورقة كما يظهر فى القطاع العرضى أ ، البلوط[١]، ب ـ مالس بيوميلا (التفاح) جـ ـ الشوفان ، د ـ الذرة الشامية . أ ، ب تحتوى الورقة على برنشـيمة العمادية والاسـفنجية ، جـ ، د ـ لا يتميز النسيج المتوسط الى برنشيمة عمادية واسفنجية .

---

(١) Quercus

(٢) Malus pumila

وانتظاما ، كما أن عدد البلاستيدات الخضر بها أقل نسبيا مما هو موجود بخلايا النسيج المتوسط . وتظهر خلايا غلاف الحزمة متميزة بوضوح فى النسيج المتوسط ، فى أنواع أخرى ، كما فى نبات كاريا بيكان [١] حيث أنها تصطبغ بلون مخالف ، ولا تحتوى على بلاستيدات خضر . وتلتصق الأوجه الداخلية لخلايا غلاف الحزمة التصاقا تاما بالعناصر الناقلة بالحزمة الوعائيــة أو بالخلايا البرنشيمية المجاورة . أما الأوجه الخارجية ، فتلتصق بخلايا النسيج العمادى وخلايا النسيج الاسفنجى ، كما أن خلايا النسيج الأخير تتصل بعضها ببعض ، مكونة خيوطا تنتهى عادة عند غلاف الحزمة (شكل ١٤٥ حـ) . **وتمتد من أغلفة** الحزم فى بعض العروق ، شفرات أو بروزات فوق وتحت الأغلفة ، حتى تصل الى البشرتين العليا أو السفلى (شكل ١٥١ أ) .



(شكل ١٥٢)

الجهاز الوعائى فى أعناق الأوراق . قطاعات عرضية بالطرف البعيد للعنق مبينا أ ، نبات أزارم كانادنيز [٢] حيث لا يتغير موضع وعدد الحزم ، ب ، نبات سبيريا لندلينا [٣] حيث تكون الحزم حلقة ، جـ ، نبات كوريلس فيللانا [٤] حيث تكون الحزم اسطوانتين شبيهيتين بالعمود الوعائى ، ساجيتاريا ساجيتفوليا [٥] هـ ، انجيليكا [٦] انقسام الحزم الى عدة حزم . (عن بيتى)

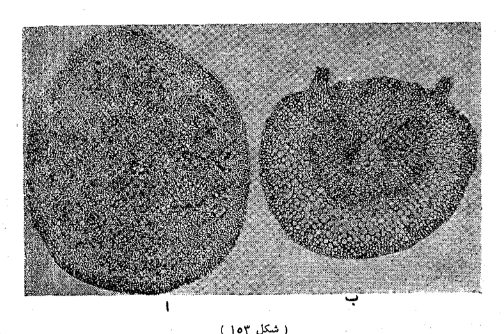
ويكون غلاف الحزمة طبقة من الخلايا الحية المحيطة بالحزم الوعائية ، ينتقل خلالها الماء والمواد المذابة حتى تصل الى القصيبات والأوعية والأنابيب الغربالية وربما ساعد الغلاف على توصيل هذه المواد الى البشرة أيضا ، حيث أنه يتصل عادة بالبشرة ، وعندما تظهر الألياف بوضوح فوق وتحت النسيج الوعائى بالحزم يتصل غلاف الحزمة بالنسيج المتوسط عند جانبيه الآخرين فقط (شكل ١٥٧ ب)

---

(١) Carya Pecan
(٢) Asarum candadense
(٣) Spiraea hindleyana
(٤) Corylus Avellana
(٥) Sagittaria sagittaefolia
(٦) Angelica

وما زال أصل غلاف الحزمة مجهولا ، ومن المحتمل أنه جزء من النسيج المتوسط حيث أن شكل خلاياه وتركيب محتوياتها مشابه لخلايا النسيج المتوسط .

الأنسجة الوعائية بالورقة : تعتبر الورقة ذات الفلقتين — من الناحية الدعامية — مجموعة شبكية معقدة من الأشرطة التى تحمل نصلا أو سطحا تمثيليا كبيرا نسبيا ، متصل بطرف عنق رفيع . وتقوم كل من الكولنشيمة والاسكلرنشيمة والخشب بدور هام فى هذه الأنسجة الدعامية . فالكولنشيمة ذات أهمية كبرى لتدعيم العنق النامى ونصل الورقة ، وتوجد بكثرة فى الطبقات الخارجية لقشرة العنق وفى العروق الكبيرة (شكل ١٥٤ أ ، ب) ، كما توجد فوق النسيج الوعائى بالعروق المتوسطة الحجم .



(شكل ١٥٣)

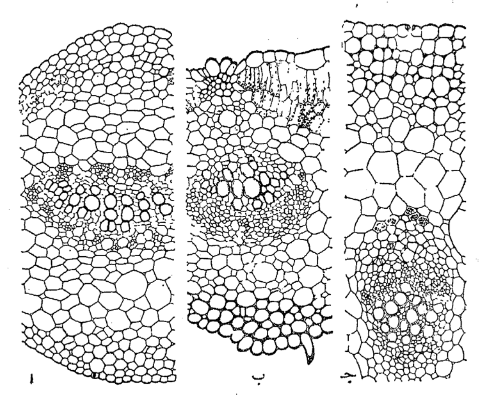
تركيب أعناق الاوراق (ا) الحور[1] وتظهر الانسجة الوعائية مرتبة فى أسطوانات شبيهة بالاعمدة الوعائية ، ب سيفا لانثاس أوكسيد نتاليس[2] وتظهر الانسجة الوعائية على شكل حدوة حصان أطرافها منحنية الى الداخل

ويرتبط وجود الألياف عادة بالأنسجة الدعامية لأعناق أوراق ذوات الفلقتين. وتظهر الألياف على شكل قلنسوات حزمية بجانب اللحاء . وتوجد مجموعات

(١) Populus grandidentata

(٢) Cephalanthus Occidentalis

من الألياف أيضا ، على الجانبين العلوى والسفلى لكثير من العروق الكبرى . وتكون هذه الألياف مصحوبة بكولنشيمة غالبا ، هى حواجز رأسية من النسيج



(شكل ١٥٤)

الكولنشيمة فى الاوراق . ا ، البطاطا [١] قطاع عرضى فى العرق الوسطى ، ب الكرفس[٢]، قطاع عرضى فى عرق وريقة ، حـ ، عنق ورقة ريوم رايونتيكام[٣](بتصريح من أ . ف ، أ . أرتشفاجر)

الدعامى ، فوق وتحت الحزم الوعائية ، تمتد خلال الورقة وتصل البشرة العليا بالبشرة السفلى (شكل ١٥٧ ب) . يعتبر هذا العمود الذى يكون على شكل حرف I أفضل طريقة وأعظم كفاية لتدعيم الورقة . وقد أيد كثير من المؤلفين النظرية التى تقول أن هذا الترتيب للأنسجة الدعامية ، يمنح الورقة أكبر قوة بأقل كمية من النسيج الدعامى .

وتكون العروق المصحوبة بخلايا اسكلرنشيمية شبكة من الحواجز تمر خلال الورقة ، وتقسم النسيج المتوسط الى حجرات محددة نوعا . وتحتفظ البشرة

(١) Ipompea Batatas

(٢) Apium graveolens

(٣) Rheum Rhaponticum

العليا هذه الحجرات كما تدعم النسيج الدعامى الذى يعتبر متدليا منها . ويدعم البشرة العليا بدورها . حواجز من الأنســجة الدعامية الممتددة خلال الورقة . وتقل كمية الاسكلرنشيمة بالحزم ، كلما ، تجزأت الأخيرة الى أصغر فأصغر ، حتى تنعدم تماما من الحزم الصغرى. وتوجد فى بعض الأوراق خلايا حجرية متفرعة منتشرة خلال النسيج المتوسط ، أو تتلجنن بشرتها وتحت بشرتها ، وذلك لزيادة قوة الورقة وصلادتها .

قد تتكون العناصر الدعامية بالأوراق وأعناقها من أى نسيج . فالأشرطة الليفية أو الأغلفة الملتصقة بالحزم الوعائية ، اما أن تكون الياف لحاء أو الياف بريسيكل . وأحيانا تنشأ من الخشب ، أو من أنسجة القشرة .

النسيج المتوسط : نسيج التركيب الضوئى أو البناء الضوئى أو التمثيل الضوئى بين البشرة العليا والبشرة السفلى ، ويتكون غالبا من خلايا برنشيمية رقيقة الجدران . ويكون هذا النسيج عادة الجزء الأكبر من الورقة . وتظهر خلايا النسيج المتوسط تباينا كبيرا فى الشكل والترتيب . ولكنها تنقسم بصفة عامة الى قسمين : برنشيمة عمادية أو خلايا عمادية ، وبرنشيمة سفنجية أو النسيج الأسفنجى (شكلى ١٤٥ حـ ، ١٥١ أ ، ب) .

خلايا البرنشيمة العمادية مستطيلة اسطوانية نوعا ، مصفوفة بانتظام وأحكام فى طبقة أو أكثر من السطح السفلى أو العلوى للورقة ، بحيث يكون محورها الطولى عموديا على السطح . وتبدو الخلايا العمادية ملتصقة بعضها ببعض بأحكام فى القطاعات العرضية ولكنها فى الحقيقة منفصلة عن بعضها البعض ، أو أن جزءا من سطحها معرض للفراغات الهوائية على الأقل ، (شكلى ١٤٥ د ، ١٤٩) .وقد تتصل هذه الخلايا عند أطرافها فى بعض الأنواع ، مكونة خيوطا تتصل بالبشرة العليا عند أحد طرفيها وبالغلاف الحزمى عند طرفها الآخر (شكل ١٤٥) . وقد توجد البرنشيمة العمادية عند سطحى الورقة اذا كانت عمودية تقريبا أو مدلاة من الساق . ويوجد نوع متحور شائع من الخلايا العمادية ، مخروطية الشكل سطحها العريض يواجه البشرة . ولا توجد برنشيمة عمادية تامة النمو فى كثير من الأوراق ، خصوصا بالنباتات التى تنمو فى الماء . أو فى الأماكن الظليلة ، كما تظهر هذه الحالة فى عاريات البذور (شــكل ١٨٢ حـ) وفى أوراق النجيليات (شكل ١٨٣ حـ) ، وبعض الأنواع الأخرى المتخصصة . ويتوقف عدد طبقات

النسيج العمادى وتركيب خلاياه ، بطريق مباشر ، أو غير مباشر على شدة الاضاءة. ولذلك ، فقد يظهر فى النوع الواحد اختلاف كبير فى كمية وتركيب البرنشيمة العمادية ، اذا نمت نباتاته فى ظروف مختلفة . كما أن تركيب النسيج المتوسط لأوراق النبات الواحد يختلف فى أجزائه المختلفة ، ويتوقف مدى هذا التباين على كمية الضوء وعوامل أخرى .

والخلايا البرنشيمية الاسفنجية ، غير منتظمة الشكل غير متماسكة ، ويؤدى ذلك الى تعرض جزء كبير من سطحها للغازات الموجودة بالمسافات البينية . ويؤدى عدم انتظام شكل الخلايا أحيانا ، الى وجود أذرع ممتدة متصلة بأذرع الخلايا الاسفنجية الأخرى ، فتتكون شبكة غير منتظمة من النسيج الأخضر (شكل ١٤٦ ج) . كما تكون الخلايا الأسفنجية بالنسيج المتوسط ، فى بعض الأنواع ، شبكة من الخيوط ، تنحنى فوق مناطق الثغور ، وتتصل بأغلفة الحزم (شكل ١٤٥ حـ ، ١٤٩) .

وتوجد البلاستيدات الخضر العديسية الشكل عادة ، ملاصقة لجدر خلايا النسيج المتوسط ، بحيث يتوازى سطحا البلاستيدة مع الجدر . وأحيانا تتراص البلاستيدات ، فى الخلايا العمادية المستطيلة ، فى عدة صفوف رأسية . وتستطيع البلاستيدات أن تغير شكلها تبعا لتغير شدة الاضاءة ، وتبعا لعوامل أخرى . فاذا كانت شدة الاضاءة على سطح الورقة منخفضة ، تتكور البلاستيدات وتصبح مستديرة تقريبا ، وبذلك يتعرض أكبر جزء من سطحها للضوء . كما أنها تصبح مسطحة فى الضوء الشديد ، بحيث يسقط الضوء على حوافها الضيقة . وهناك حالات أخرى من تغير شكل البلاستيدات وموضعها .

ويلاحظ أن التركيب الداخلى للورقة ملائم لعملية البناء الضوئى . ويمكن ذكر الملاءمة للوظيفة باختصار فيما يلى : تعرض عدد كبير من البلاستيدات الخضر للضوء ، تعرض سطح كبير من جدر الخلايا للمسافات البينية حيث يتم التبادل الغازى ، ترتيب الخلايا بالنسبة لبعضها وبالنسبة للحزم الوعائية بحيث يمكن نقل منتجات البناء الضوئى بسرعة ، ويمكن امداد الخلايا بالماء والمواد الغذائية المعدنية .

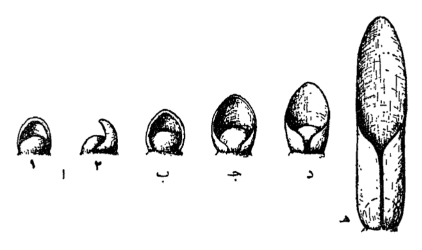
بشرة الأوراق : البشرة طبقة وقائية ، تحيط تماما بأنسجة الورقة الداخلية ، فيما عدا فتحات الثغور والثغور المائية . وقد سبق شرح تركيب هذه الطبقة بصفة عامة، كذلك أشكال وحجوم خلاياها، وكذا تركيب وطريقة عمل الثغور فى الفصل الخامس . كما سبق شرح تركيب الشعيرات فى الفصل السابق ذكره . كما شرحت الكوتنة والتأدم فى الفصل الثانى . وبشرة الأوراق ذات أهمية قصوى ، لأنها تحمى أنسجة الورقة الوسطية الرقيقة ، التى تقع تحت البشرة ، والتى تصاب بجفاف شديد لو أصيبت البشرة . وقد شرح تحورات البشرة فى النباتات التى تنمو فى بيئات مختلفة ، خصوصا النباتات الصحراوية ، فى الفصل الرابع عشر . وبالاضافة الى حماية أنسجة الورقة من الجفاف ، تدعم البشرة الأنسجة العمادية ، كما أنها تنقل غالبا المواد المذابة بين خلايا النسيج المتوسط والعروق .

توزيع الثغور على الأوراق : تظهر الثغور بكثرة على السطح العلوى للأوراق العريضة فى ذوات الفلقتين . ولو أن بعض الأنواع تحتوى على عدد قليل نسبيا ، على سطحها السفلى ، وبعضها الآخر لا توجد على سطحها العلوى ثغور اطلاقا ، أما الأوراق التى تكاد تكون عمودية ، فثغورها موزعة بالتساوى تقريبا على كلا السطحين . كما فى أوراق كثير من ذوات الفلقة . وتوجد الثغور على السطح العلوى المعرض للهواء فى الأوراق الطافية للنباتات المائية ، ولا توجد بالأوراق المغمورة على كلا السطحين . ويبدو أن توزيع الثغور يختلف بصفة عامة تبعا للبيئة التى تنمو فيها النباتات . كما توجد الثغور فى المواضع الأكثر حماية من الجفاف بالنباتات التى تتعرض لظروف الجفاف الشديدة .

ويبدو أن توزيع الثغور يتم فى معظم الأوراق دون نظام معين . والمسافة بين ثغر وآخر على سطح الورقة ثابتة نوعا . ويندر وجود الثغور فوق العروق . وأحيانا توجد الثغور فى صفوف منتظمة كما فى النجيليات . كما توجد الثغور فى نباتات الجفاف وبعض النباتات الأخرى فى مجموعات أو فى صفوف أو غائرة فى تجاويف أو محمية بطريقة ما (شكل ١٨٠ حـ ، د) . وعدد الثغور فى وحدة المساحة من سطح البشرة يختلف كثيرا . فقد يكون العدد من عشرة الى خمسة عشر ثغرا فى المليمتر المربع فى بعض النباتات — أكثرها من النباتات الصحراوية يقابل ذلك عدد قد يرتفع الى ١٣٠٠ ثغر بالمليمتر المربع كما فى أنواع من نبات

سبيريا[١] ، وغالبـا ما يكون عدد الثغور فى المليمتر المربع بين هذين الحدين وغالبا ما يكون حوالى ٤٠٠ ثغر فى المليمتر المربع ، كما فى ورقة التفاح تحت ظروف البيئة الوسطية . ويبدو أن عدد الثغور فى وحدة المساحة لا يتوقف كثيرا على البيئة ولكنه يتوقف على عوامل أخرى أكثر أهمية .

ورقة ذوات الفلقة : أقتصر أكثر الوصف السابق فى صفحات هذا الفصل على ورقة نبات من ذوات الفلقتين . ولكن أنواع الأوراق المتخصصة للنباتات ذوات الفلقة الواحدة تظهر تباينا أكبر . فأوراق النباتات ذوات الفلقة لا تتكون من قاعدة وأذينات وعنق ونصل ولكنها فى معظم الأوراق عبارة عن أعناق ورقية مفلطحة تؤدى وظيفة النصل . وعروق أوراق ذوات الفلقة متوازية غالبـا ، ولو أن هناك حالات ظاهرة تشذ عن ذلك ، ولكن يمكن اثبات أنهـا نشأت فى الأصل متوازية التعرق . مثال ذلك،تخرج الحزم الوعائية الكثيرة المبعثرة المنفصلة من الجسم الذى يبدو أنه عنق ورقة نبات سيميلوكارياس[٢] وغيره من الفصيلة القلقاسية ، ثم تتفرع مباشرة فى الجسم الشبيه بالنصل ، بزوايا ضيقة ، وتستمر متوازية نوعا حتىحافة الورقة . كما تنتظم الحزم القليلة نسبيا بعنق ورقة نبات



(شكل ١٥٥)

خطوات نشأة ورقة ذوات الفلقة أ١ ، ب ـ هـ منظر سطحى ، أ٢ منظر جانبى ـ أ ، يبين ظهور البروز على جانب النسيج الانشائى الطرفى ، ب ـ د ، تبين امتداد البروز جانبيا حول النسيج الانشائى الطرفى مكونا طوقا أو غلافا ، هـ ، يبين حدود النسيج الانشائى الطرفى واستطالة النصل والغلاف بواسطة نسيج انشائى بينى (نقلا عن تيركول)

---

(١) Spiraea

(٢) Symploearpus

الاركتيوم[1] لها حجم وشكل مماثلان للورقة السابقة - (فى شكل٧) ، وتخرج منها أفرع تكون زوايا واضحة واسعة نسبيا من العرق الوسطى .

تنشأ الورقة فى ذوات الفلقة من النسيج الانشائى الطرفى بالمحور الرئيسى للنبات وتبدو كزائدة جانبية تشبه تلك التى تكون ورقة ذوات الفلقتين (شكل ١٥٥ أ) . ثم تستطيل هذه البداءة الورقية بسرعة من الجانبين مكونة حلقة أو طوقا من الأنسجة الانشائية (شكل ١٥٥ ب — د) ، وتعمل الأخيرة كنسيج انشائى بينى ، تنشأ منه الورقة من أسفل ، وبمقارنة نشأة الورقة ذات الفلقة بالورقة ذات الفلقتين ، نرى أن النسيج الانشائى الطرفى للورقة قليل الأهمية نسبيا فى الحالة الأولى حيث أنه يبنى فى الحالة الثانية الجزء الأساسى لنصل الورقة .

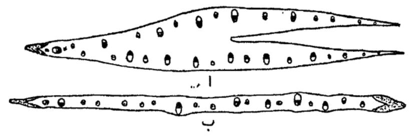
وينمو الجزء الأوسط من النسيج الانشائى ، الذى يبدو على شكل طوق أسرع من أجزائه الأخرى ، مكونا عنق الورقة والجزء الشبيه بالنصل . كما يعطى هـذا الطوق قاعدة الورقة التى تغلف جزئيا أو تماما القمة النامية للسـاق (شكل ١٥٥ د — هـ) . وهناك أنواع خاصة من أوراق ذات الفلقة مثل الأوراق الأنبوبية التى تتميز بها أنواع من البصل والنرجس[2] وفى أوراق الزنبق[3] المفلطحة ، التى تشبه رقم ٧ عند قاعدتها . توجد الحزم مقلوبة على أحد جانبى الورقة بالنسبة للجانب الآخر (شكل ١٥٦) .

ولأوراق النجيليات أهمية خاصة ، لأنها أكبر أنواع الأوراق فى كاسيات البذور ، وفى بعضها يصل طول الورقة الى ٢٥ قدما . ويبدو أن الأوراق المركبة بنوعيها الريشى والراحى تنشأ نتيجة لتجزؤ النصل أثناء تمدده . أما أوراق الموز وغيره من الفصيلة الموزية ، فتتجزأ أنصاله بواسطة الرياح مكونة أساسا أوراقا مركبة ريشية .

ورقة النجيليات : للأهمية النباتية والاقتصادية لورقة النجيليات ، سنشير اليها اشارة خاصة . وأوراق النجيليات متشابهة فى تركيبها العام ، وتختلف فقط نتيجة لتكيفها للبيئة الجافة أو غيرها من الظروف البيئية . ويتكون نصل الورقة من هيكل من الحزم الوعائية المتوازية ، تحمل بينها النسيج المتوسط . وجميع

(١) Arctium
(٢) Narcissus & Allium
(٣) Iris

الحزم متساوية الحجم تقريبا ، منفصلة عن بعضها ، فيما عدا بعض الحزم الصغيرة التى تصل بينها عرضيا . ويوجد بالنصل عادة حزمة العرق الوسطى ، وهى حزمة



(شكل ١٥٦)

ورقة نبات من ذوات الفلقة الواحدة ـ السوسن[١]، قطاعان عرضيان فى القاعدة المغلفة (ا) وفى الجزء العلوى (ب) . أ ، مبينا الورقة الملفوفة ، ب ، مبينا التحام جانبى الورقة وبعض الحزم مقلوبة (عن أدبر)

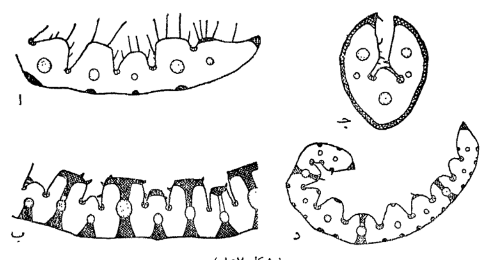
وسطية كبيرة تؤدى الى بروز العرق الوسطى من السطح السفلى للورقة . أما الحزم الأخرى فذات حجمين أو ثلاثة حجوم مختلفة أساسيا فى كمية النسيج الدعامى والنسيج الناقل. وتترتب الحزم الصغيرة بحيث تتبادل مع الحزم الكبيرة . وتتكون الورقة من قاعدة مغلفة ونصل شريطى ، تتصل القاعدة بالنصل بواسطة مفصل ظاهر نوعا ، كما تحيط القاعدة بالساق لمسافة معينة . ويبعد النصل على الساق بزاوية محددة . وقد تمتد قاعدة الورقة فوق النصل ، مكونة جسما غشائيا فى كثير من الأنواع يسمى اللسين .

الاسكلرنشيمة فى ورقة النجيليات : غالبا ما تصاحب الاسكلرنشيمة الحزم الوعائية فى أوراق النجيليات . وتوجد عادة مجموعتان من الألياف بالحزم الكبيرة احداهما فوق والأخرى تحت الأنسجة الوعائية . وتتصل هذه المجموعات من الألياف بالخشب واللحاء مكونة صفيحة من النسيج الصلد الذى يمتد بين سطحى الورقة (شكل ١٥٧ ب) . وتوجد مجموعة الألياف المتصلة بالعروق الصغرى على السطح السفلى فقط وهى متصلة بالنسيج الوعائى أو منفصلة عنه (شكل ١٥٧ ب) . كما تظهر مجموعات الألياف . فى بعض الأنواع تحت البشرة على جانبى الحزم ، منفصلة عنها (شكل ١٥٧ ب) . أما الحزم الصغيرة فقد لا تحتوى على اسكلرنشيمة بتاتا . ويظهر من ذلك الاختلاف الكبير فى

---

(١) Iris

كمية وموضع الأشرطة الليفية بالورقة . ويلاحظ أن كل النجيليات تقريبـا ، تحتوى أوراقها ، بالاضافة للاسكلرنشيمة المصاحبـة للحزم ، على شريط من الألياف على طول حافتى الورقة (شكل ١٥٧ أ ، د) . كما تمتد الأنسجة الصلبة على السطح السفلى بأكمله ، بأوراق بعض النباتات الصحراوية (شكل ١٥٧ حـ)



(شكل ١٥٧)

توزيع الاسكلرنشيمة فى ورقة النجيليـات . أ ، ورقة فستوكا ديوريوسكوتا[١] حيث تظهـر خلايا الاسكلرنشيمة عند حافة الورقة ، كما تظهر اشرطة من الاسكلرنشيمة منفصلة عن الحزم على السطح السفلى ، ب ، ورقة ايليموس اريناريوس[٢]، حيث تظهر أشرطة الاسكلرنشيمة متصلة بأعلى وأسفل الحزم مكونة صفائح من الاعمدة على شكل I تخترق الورقة ، حـ ورقة فستوكا أوفينا[٣]، حيث تظهر الاسكلرنشيمةعلى السطح السفلى فقط، د ـ ورقة آجروستيس كانينا[٤]، حيث تظهر أشرطة اسكلرنشيمة عند حافتى الورقة وسطحيها ، منفصلة عن الحزم ، فيما عدا بعض الاعمدة التى تظهر على شكل I تبدو الحزم الوعائية منقطعة والاسكلرنشيمة مخططة بالشكل . (عن ليوتون ـ براين)

أغلفة الحزمة فى ورقة النجيليات : تحيط بالحزم الوعائية لأوراق النجيليات أنسجة متخصصة تتميز بها أوراق هذه الفصيلة . وهى عبارة عن طبقتين من الخلايا عادة ، ثخانة كل منها خلية واحدة ، كما أنها تحيط بالحزمة تماما وتلى الأنسجة الوعائية مباشرة . يتكون الغلاف الداخلى من خلايا جدرها مغلظة نوعا بمادة اللجنين وتشبه خلايا الأندودرمس فى شكلها العام . ولو أنه لا يحتمل اعتبار هذا الغلاف طبقة أندودرمس بالمفهوم التشريحى . تتميز الجدر الجانبية والعرضية الداخلية بزيادة تغلظها عن الجدر العرضية الخارجية . ومع ذلك ففى

---

(١) Festuca duriuscuta   (٢) Elymus arenarius

(٣) Festuca ovina   (٤) Agrostis canina

بعض النباتات يمتد التغلظ كلية حول جدر الخلايا من الداخل . ويلاحظ أن الجدر الداخلية منقرة ويحتمل أنها تسمح بانتقال المواد بين خلايا هذه الطبقة والنسيج الوعائى . وقد نسبت لهذه الطبقة عدة وظائف ولكن الوظيفة المرجحة هى حماية خلايا اللحاء الرقيقة من السحق . ويزيد هذا الغلاف الملجنن من صلادة الورقة ، اذا جاور الأشرطة الليفية بالحزم التى بها اسكلرنشيمة مكتملة النمو ، كما أنه يكمل الجسم المسمى الكمرة . ويلاحظ أن هـذا الغلاف الداخلى ، لا يوجد فى بعض الأنواع ، أو يقتصر وجوده على الحزم الكبرى فقط .

أما الغلاف الخارجى — المعروف عادة بغلاف الحزمة — فمكون من خلايا برنشيمية رقيقة الجدران تظهر معظمها متساوية الأقطار فى القطاعات العرضية للورقة ، وطويلة جدا فى القطاع الطولى . وتصنع هذه الخلايا حزاما برنشيميا حول الحزمة يقوم بنقل المواد الغذائية المذابة الناتجة من الأنسجة ، التى تقوم بعملية البناء الضوئى الى الأنسجة الناقلة . ويسهل التعرف على خلايا هـذا الحزام فى الحزم الكبرى لبعض الأنواع لعدم وجود اليخضور (الكلوروفيل) بها . وقد تحتوى هذه الخلايا على اليخضور بالحزم الصغرى (شكل ١٥١ حـ) ولكن بكمية أقل منها فى الخلايا التمثيلية . وأحيانا تمتد خلايا هذا الغلاف الى الى البشرة على جانب واحد أو على جانبى الحزمة .

النسيج المتوسط بورقة النجيليات : يملأ النسيج الذى يقوم بالبناء الضوئى الفراغ الموجود بين الحزم الوعائية فى أوراق النجيليات وغيرها من الأوراق . ولا توجد عادة طبقة عمادية واضحة من الخلايا المستطيلة كما فى أوراق ذوات الفلقتين (شكل ١٥١ د) . ولكنه توجد أحيانا طبقة عمادية ضعيفة التكوين تحت البشرة مباشرة عند سطحى الورقة أو سطح واحد منها . وتتميز خلايا هذه الطبقة العمادية بانها متساوية الأقطار تقريبا وتختلف عن خلايا النسيج المتوسط الاسفنجية ، حيث أنها مرتبة باحكام . أما خلايا النسيج الاسفنجى فغالبا ما تكون غير منتظمة الشكل ومرتبة فى أجهزة ناقلة متفرعة كما فى الأنسجة المماثلة بالأنواع الأخرى من الأوراق . وتتميز الأنسجة الخضر فى قليل من النجيليات الصحراوية وبعض أنواع السعد ، بانها محددة بحزام يحيط بالحزمة الوعائية .

البشرة فى ورقة النجيليات : تتميز فى ورقة النجيليات بصفات عامة ثابتة نوعا ، رغم بعض الاختلافات فى التركيب ، خصوصا فى النباتات التى تكيف نفسها للنمو فى الظروف البيئية المتطرفة . وهى مستطيلة الشكل (شكل ١٧٩ ط) تظهر مربعة تقريبا فى القطاع العرضى ، وهى مرتبة فى صفوف منتظمة تمتد بطول الورقة . وتتميز خلايا البشرة التى توجد فوق الحزم بصغرها عادة وتغلظ جدرها وتشبه لاسكلرنشيمة الى حد ما . وهناك تباين كبير فى درجة تكوتن خلايا البشرة كما تبدو أكثر انتظاما من كثير من ذوات الفلقتين فى المنظر السطحى .

وهناك نوع شائع من الخلايا موجود باوراق كل النجيليات تقريبا يسمى خلايا الحركة وتصاعد هذه الخلايا على التفاف الأوراق فى الجو الجاف (شكل ١٥١ د) . وهى أكبر حجما من خلايا البشرة العادية ومرتبة فى صفوف تمتد بطول الورقة على سطحها العلوى كما توجد عادة فى قاع تجاويف واضحة (شكل ١٥٧ ب ، د) والخلايا رقيقة الجدران خالية من اليخضور واذا قلت درجة انتفاخها تلتف الورقة الى أعلى والى الداخل — وتحتوى أوراق بعض الأنواع على صف أو صفين من خلايا الحركة ، فى حين أن غيرها يحتوى على عدة صفوف منها ، وقليل غيرها من الأنواع ، لا توجد به هذه الخلايا بتاتا . وتظهر عند حافة مجموعة خلايا الحركة ، فى القطاع العرضى للورقة ، تظهر خلايا يتدرج نوعها بين خلايا الحركة وخلايا البشرة العادية .

ترتيب الثغور فى ورقة النجيليات : رغم اختلاف البيئة التى تنمو بها النجيليات ، تحتوى أوراقها جميعا على نوع واحد من الثغور . وقد سبق وصف النوع النجيلى للثغور بالفصل الخامس (شكل ٧٩ ط ، ى ، ك) . وهى طويلة ، محاورها الطولية موازية لمحور الورقة ، ولخلايا البشرة المحيطة بها . كما أنها مرتبة عادة فى صفوف متبادلة مع صفوف لخلايا البشرة . وتوجد الثغور عادة فى مجموعات من الصفوف يفصلها عن المجموعات الأخرى أشرطة واسعة من خلايا البشرة . وعدد الثغور بالبشرة العليا أكثر منه بالبشرة السفلى ، فى معظم الأنواع . وهناك عدد لا بأس به من الأنواع ، توجد الثغور بأوراقه بأعداد متساوية تقريبا على كلا السطحين . ولو أنه فى بعض الأنواع الأخرى ، خصوصا الصحراوية تختفى الثغور من السطح السفلى كلية .

وتوجد أنواع مختلفة من الشعيرات ببشرة كثير من النجيليات ، كما يغلب وجود زوائد قصيرة صلبة تعطى سطح الورقة ملمسا خشنا ، كما أن هـذه الأسنان موجودة فى بعض الأنواع ، عند حافة الورقة ، وتجعلها حادة قاطعة كما فى أنواع نبات ليرسيا[1] .

عمر الأوراق : يحتفظ عدد كبير من عاريات البذور ، وكثير من النباتات الاستوائية ، وبعض كاسـيات البذور العريضة الأوراق ، والتى تنمو بالمناطق المعتدلة ، بأوراقها لأكثر من فصل من فصول السنة . واذا استمر وجود الأوراق فى النباتات دائمة الخضرة التى بها نمو ثانوى ، لأكثر من سنة ، كما فى عاريات البذور وبعض ذوات الفلقتين ، فان أصل الحزمة الورقى يستطيل تبعا لاضافة طبقات سنوية متتالية من الخشب ناتجة من نشاط الكمبيوم . وتعزى استطالة أصل الحزمة الورقية لنشاط طبقة انشائية خاصة موجودة بها (الفصل السادس) ولا تمكث الأوراق الابرية بعاريات البذور ، والأوراق العريضة لكاسيات البذور، أكثر من ٣ — ٥ سنوات عادة ، ثم تسقط الأوراق بعدها بتكون طبقة فاصلة ، بنفس الطريقة التى تتكون بها فى النباتات متساقطة الأوراق . وقد تبقى الأوراق الدائمة الخضرة عدة سنوات فى قليل من الأجناس كما فى نبات أروكاريا[2] كما تبقى أوراق معظم السراخس وبعض النجيليات وغيرها من ذوات الفلقة ، عددا من السـنوات ، ومن ثم تفقد الأوراق المسـنة قدرتها على أداء وظيفتها تدريجيا . ولا تسقط أوراق كثير من هذه النبـاتات ، وبالأخص النخيليات ، بتكوين طبقات فاصلة ولكنها تلتصق بالسـاق حتى تتفتت بالعوامل الجوية . أما أوراق كثير من الأعشاب الحولية والمعمرة فتتساقط دائما . كما تعمل الأوراق فى معظم نباتات المناطق المعتـدلة ، الخشبى منها والعشبى ، لموسم واحـد فقط ثم تذبل فى نهايته وتتساقط . وقد أشير الى سقوط الأوراق فى الفصل التاسع .

(١) Leersia

(٢) Araucaria

REFERENCES — المراجع

Arber, A. : The phyllode theory of the monocotyledonous leaf, with special reference to anatomical evidence, *Ann. Bot.*, **32**, 465-501, 1918.

Avery, G. S. : Structure and development of the tobacco leaf, *Amer. Jour. Bot.*, **20**, 565-592, 1933.

Bower, F. O. : On the comparative morphology of the leaf in the vascular cryptogams and gymnosperms, *Phil. Trans. Roy. Soc London*, **175**, 565-615, 1884.

Clements, E. S. : The relation of leaf structure to physical factors, *Trans. Amer. Micro. Soc.*, **26**, 19-102, 1904.

Colomb, G. : Recherches sur les stipules, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **6**, 1-76, 1887.

Copeland, E. B. : The mechanism of stomata, *Ann. Bot.*, **16**, 327-346, 1902.

Cross, G. L. : The origin and development of the foliage leaves and stipules of *Morus alba*, *Bull. Torrey Bot. Club*, **64**, 145-163, 1937.

De Candolle, C. : Anatomie comparée des feuilles chez quelques familles de dicotylédones, *Mém. Soc. Phys. et d'Hist. Nat. Genève*, **26**, 427-480, 1879.

Dufour, L. : Influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **5**, 311-413, 1887.

Eichler, A. W. : Zur Entwickelungsgeschichte des Blattes mit besonderer Berücksichtigung der Nebenblatt-Bildungen, Marburg, 1861.

Flot, L. : Recherches sur la naissance des feuilles et sur l'origine foliaire de la tige, *Rév. Gén. Bot.*, **17**, 449 passim 535, 1905. **18**, 26 passim 508, 1906. **19**, 29 passim 192, 1907.

Foster, A. S. : Leaf differentiation in angiosperms, *Bot. Rev.*, **2**, 349-372, 1936.

Gerresheim, E. : Ueber den anatomischen Bau und die damit zusammenhängende Wirkungsweise der Wasserbahnen in Fiederblättern der Dicotyledonen, *Bibl. Bot.*, **81**, 1-66, 1913.

Haberlandt, G. : Vergleichende Anatomie des assimilatorischen Gewebesystems der Pflanzen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **13**, 74-188, 1882.

Lewton-Brain, L. : On the anatomy of the leaves of British grasses,

Trans. Linn. Soc. Bot. London, 2 ser., **6,** 315-359, 1903.

MacDaniels, L. H., and F. F. Cowart: The development and structure of the apple leaf, *Cornell U. Agr. Exp. Sta. Mem.,* **258,** 1-29, 1944.

Pée-Laby, E.: Étude anatomique de la feuille des graminées de la France, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 8 sér., **8,** 227-346, 1898.

Petit, L.: Nouvelles recherches sur le pétiole des phanérogames, *Actes Soc. Linn. Bordeaux.,* **43,** 11-60, 1889.

Rippel, A.: Anatomische und physiologische Untersuchungen über die Wassre bahnen der Dicotylen-Laubblätter mit besonderer Berücksichtigung der handnervigen Blätter, *Bibl. Bot.,* **82,** 1-74, 1913.

Sinnott, E. W., and I. W. Bailey: Investigations on the phylogeny of the angiosperms, 3. Nodal anatomy and the morphology of stipules, *Amer. Jour. Bot.,* **1,** 441-453, 1914.

Smith, G. H.: Anatomy of the embryonic leaf, *Amer. Jour. Bot.,* **21,** 194-209, 1934.

Strasburger, E.: Ein Beitrag zur Entwicklungsgeschte der Spaltöffnungen, *Jahrbuch. Wiss. Bot. Pringsheim.,* **5,** 297-342, 1866/1867.

Trécul, A.: Mémoire sur la formation des feuilles, *Ann. Sci. Nat. Bot.,* 3 sér., **20,** 235-314, 1853.

Tyler, A. A.: The nature and origin of stipules, *Ann. N. Y. Acad. Sci.,* **10,** 1-49, 1897.

Wylie, R. B.: The role of the epidermis in foliar organization and its relations to the minor venation, *Amer. Jour. Bot.,* **30,** 273-280, 1943.

الفصل الثالث عشر

الزهرة — الثمرة — البذرة

الزهـــرة

تعتبر الزهرة ، من الوجهة التشريحية ، ســاقا طرفيه ، زوائدها مزدحمة ، وسلامياتها قصيرة للغاية أو غير موجودة .

وترقى زوائد الزهرة لمرتبة الأوراق ، ولكنها تختلف عن أوراق الســاق الخضرية فى الوظيفة والشكل ، كما أن الأوراق العليا بالزهرة مرتبة بحيث تظهر على طرف المحور . ولا تختلف الزهرة عن الســاق المورقة العادية فى التركيب أو النشأة .

نشأة الزهرة :

تنشأ الزهرة من نسيج انشائى قمى يختلف عن مثيله بالساق المورقة فى أمور طفيفة (الفصل الثالث) . وتشبه الأطوار المبكرة لنمو الزوائد الزهرية الأطوار المماثلة لنمو الأوراق . فتنمو كل أعضاء الزهرة جانبيا على النسيج الانشائى القمى ، بانقسام الخلايا تحت الطبقة الخارجية انقساما موازيا للسطح . ويختلف تتابع نمو محيطات الأعضاء الزهرية ولكنه يتم فى تعاقب قمى عادة . ويوجد لكل عضو بالزهرة — لفترة من الزمن على الأقل — نسيج انشائى قمى ، كما توجد مبادىء حافية للأعضاء التى تتمدد جانبيا . وينمو الكمبيوم الأولى وكذلك اللحاء فى تعاقب قمى فى كل أعضاء الزهرة . كما ينضج الخشب فى تعاقب قمى ، أو فى تعاقب قمى وآخر قاعدى ، مبتدئا من نقطة أو من عدة نقط ، عند قاعدة العضو الزهرى . وقد يتأخر اتصال الخشب المبكر فى الكرابل ، وخصوصا الملتحمة ، بخشب التخت حتى تنمو الثمرة جزئيا . وتظل الكربلة عضوا غير ناضج حتى تنضج الثمرة . وتحتفظ الكربلة بأنسجة انشائية منوعة بأجزائها المختلفة . أما أعضاء الزهرة الأخرى فناضجة غالبا . واذا ظهر التحام بالأعضاء الزهرية ، فهو

موجود منذ النشأة غالبا ، كما يحدث بين حواف الكرابل عادة ، وقد يكون الالتحام ذا نشأة سلفية، حيث تنشأ الأعضاء الملتحمة من نسيج انشائى مشترك ، كما فى الكرابل السفلية ، ويسمى النوع الأخير من الالتحام التحاما خلفيا ، ويحدث أحيانا انحراف المناطق الأولى التى تنشأ منها الأعضاء المتجاورة ، كأعضاء مستقلة من أنسجة انشائية مستقلة ، كما فى أعضاء التويج الملتحم البتلات ، ويظهر هذا الانحراف من القمة الى القاعدة ، ويحدث تداخل ، وتستمر الأعضاء فى النمو كجسم واحد ، نسيجه الوعائى مركب . وقد تنشأ الأعضاء فى الملتحمة مستقلة ، ولكنها تستمر فى النمو ، فيما بعد من منطقة انشائية واحدة ، وتبدو جسما واحدا ملتحما . ويدل وجود حزم وعائية مستقلة لكل عضو ضمن التركيب العام،على أن هذه الأجسام ليست بسيطة ولكنها فى الحقيقة معقدة التركيب . وأحيانا تلتحم الأعمدة الوعائية للأعضاء ، وحينئذ لا يوجد ما يدل على تركيبها الخارجى المتضاعف .

وسوف يشار الى تركيب الأجزاء الزهرية الناضجة فى الصفحات التالية تحت عنوان الثمرة .

الهيكل الوعائى للزهرة

العمود الزهرى :

يتشابه عنق الزهرة والساق فى التركيب ، وبه حزم وعائية مرتبة فى دائرة أو اسطوانة كاملة من الأنسجة الوعائية . ويتوافق شكل العمود الوعائى أثناء دخوله التخت مع هذا الجزء من الزهرة ، حيث يتمدد عادة ثم يتخصر عند جزئه العلوى .

وتخرج من العمود الوعائى للتخت ، مسيرات أعضاء الزهرة المختلفة (شكل ١٥٨) ، وهى تشبه المسيرات الورقية من حيث النشأة والتركيب والسلوك . ويصاحب خروج مسيرات أعضاء الزهرة تكون فرجات ، ويؤدى تكون الفرجات وازدحام الأعضاء الزهرية الى تجزؤ الاسطوانة الوعائية الى شبكة من الأشرطة (شكل ١٥٨) . ويزداد تجزؤ الاسطوانة الوعائية عادة ، كما

يحدث فى سوق النباتات العشبية ذوات الاسطوانات الوعائية المختزلة . والعمود الوعائى للتخت بسيط أحيانا ، ولكنه غالبا ما يكون فى غاية التعقيد .

وتخرج مسيرات السبلات ، والبتلات ، والأسدية ، والكرابل من العمود الوعائى على التوالى ، فى محيطات أو حلزونات ، تبعا لطريقة ترتيب هذه الأعضاء فى الزهرة . (كثير من الأعضاء التى تبدو فى محيطات دائرية عند فحصها ظاهريا، مثل بتلات بعض أفراد الفصيلة الشقيقية[1] وأسدية بعض أفراد الفصيلة الوردية[2] يمكن بالدلالة التشريحية اثبات أنها مرتبة فى حلزونات منبسطة) . وتصبح الحزم البعيدة عن طرف العمود الوعائى للتخت مسيرات الكرابل العليا عادة (شكل ١٥٨ جـ ، د) ، وفى كثير من الأزهار ، تستمر المسيرات بعد النقطة التى تخرج منها المسيرات الأخيرة ، ثم تختفى تدريجيا عند قمة التخت (شكل ١٥٨ أ ، ب) . وتعتبر مثل هذه الحزم أثرية ، وتتركب عادة من الكمبيوم الأولى أو من اللحاء فقط .

مسيرات الزوائد الزهرية :

يختلف عدد المسيرات ، الداخلة الى أعضاء الزهرة المختلفة ، ولا ترتبط المسيرات الزهرية ، فيما عدا السبلات ، بالمسيرات الورقية للنبات . ويختلف العدد — وهو فردى دائما — من واحد الى كثير . وهو عدد ثابت فى كل الأعضاء الزهرية فى نسبة عالية من كاسيات البذور .

السبلات :

تشبه السبلات القنابات من الناحية التشريحية عادة . ولها مسيرات مشابهه للمسيرات الورقية للبنات ، فيما عدا قلة مستثناة .

البتلات :

للتبلات النموذجيــة مســير واحد ، بصرف النظر عن حجمها أو شــكلها أو تكوينها أو استمرارها . وتوجد من ثلاثة الى كثير منها فى بعض الفصائل .

(١) Ranunculaceae

(٢) Rosaceae

الأسدية :

يغذى الأســدية مســير واحد عادة ، بصرف النظر عن الحجم أو الشــكل أو صــفات القاعدة أو اســتمرار الأســدية . وتوجد مســيرات فى قليــل من فصائل رتبة الشقيقيات[١] ويندر وجود هذا العدد ، فيما عدا ذلك ، الا فى بعض أفراد الفصــيلتين الغارية[٢] والموزية[٣] . ويعتبر وجود ثلاثة مســيرات مرحلة بدائية — كما هى الحال فى الأوراق والكرابل — ويعتبر وجود مســير واحد اختزالا للعدد البدائى .

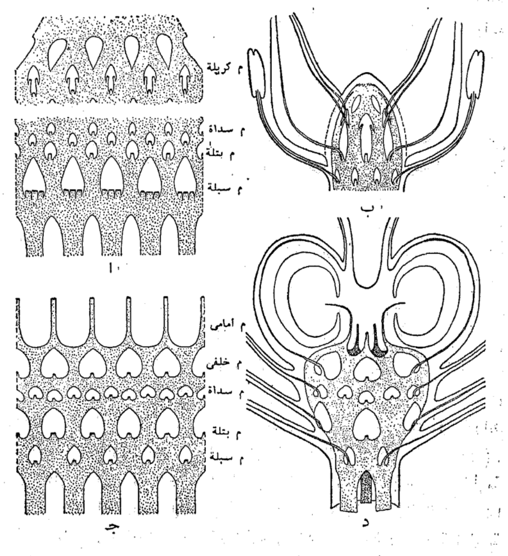
الكرابل :

تعتبر الكربلة من الناحية التشريحية ، عضوا شبيها بالورقة بصفة عامة ،و هى مطوية الى أعلى (من الناحية البطنية) بطول عرقها الوسطى ، وحوافها ملتحمة نوعا ، وبويضاتها معلقة قريبا من الحافة ، وانما يؤد هذا الرأى تشريح الزهرة ، وللكرابلة مسير واحد ، ويوجد بها أحيانا ثلاثة أو خمســة مســيرات ، والنوع الأكثر شيوعا هو المحتوى على مســيرات ثلاثة ، كما يكثر وجود الكربلة ذات الخمســة المســيرات ، وهناك قلة من الكرابل تحتوى على عدد أكبر . وتعتبر الكربلة ذات المسير الواحد انما نشأت بالاختزال من الكربلة التى بها مســيرات ثلاثة . ويسمى المسير الوســطى الذى يخرج من العمود الوعائى قبل (تحت) المسيرات الأخرى للكربلة ، مسير الكربلة الظهرى ، لأنه يصبح الحزمة الظهرية (العرق الوســطى) للعضو المطوى (يطلق اسم « مســير » فى الزهرة ، كما فى الساق المورقة،على أشرطة النسيج الوعائى التى تخرج من العمود لتغذى الزوائد الزهرية ، وتسمى امتدادات المسيرات داخل الزوائد الزهرية « حزما وعائية ») . ويسمى كل من المسيرين الخارجيين المسير البطنى أو الحافى ، لأنه يصبح الحزمة التى تمر بطول الحافة الســفلى للكربلة — بطول أو قريبا من حافة العضــو اذا لم يكن مطويا . واذا قورنت هذه الحزم ، داخل الكربلة ، بالحزمة الظهرية أو بالحزم الموجودة بالأعضاء الأخرى ، فيلاحظ أنها مقلوبة (شكل ١٦٢) . وينتج انقلاب هذه الحزم البطنية ، من التفاف جوانب الكربلة الى أعلى والى

---

(١) Ranales
(٢) Lauraceae
(٣) Musaceae

الداخل . واذا وجد بالكربلة أكثر من ثلاثة مسيرات ، تقع المسيرات الاضافية بين المسيرات الظهرية والمسيرات البطنية وتسمى فى هذه الحالة المسيرات الجانبية وتعتمد مواضع الحزم — وهى عبارة عن امتدادات المسيرات — على شكل الكربلة ، ومكان الحزم ، وأغلبهـا نصف مقلوب (شـكل ١٦٢ هـ ، و) . وقد



(شكل ١٥٨)

اشكال تخطيطية تبين التركيب الوعائى للازهار البسيطة . أ ، ب زهرة اخيليا[١] ، جـ ، د ، زهرة بيرولا[٢] . الوصف بالمتن . م . مسير

---

(١) Aquilegia

(٢) Pyrols

تتفرع احدى أو كل الحزم — كما تتكون فروع أخرى أثنـــاء تكون الثمرة عادة — وتظهر أحيانا ، فى بعض الأنواع ، حزم بطنية متفرعة ، ونادرا ما تتجه فروع هذه الحزم نحو الحافة .

ويعتبر الجهاز الوعائى الذى يغذى الكرابل فى غاية التعقيـد ، اذا قورن بالأجهزة الوعائية التى تغذى الأعضاء الأخرى للزهرة ، وذلك لالتفاف الكرابل والتحام حوافها ، ولأنها تكون الأعضاء العلوية للزهرة وتحصل على مسيراتها عند قمة الهيكل الوعائى الطرفى للتخت حيث تختزل الحزم الوعائية وتتلاشى ولأن الكرابل ، بسبب التصاقها الشديد بعضها ببعض ، تميل الى الالتحام ، مكونة المبيض الملتحم الكرابل .

البويضات :

تنشأ مسيرات البويضات ، فيما عدا بعض الفصائل والأجناس ، من الحزم البطنية وحدها ، أو من الفروع المشيمية لهذه الحزم (شكل ١٦٣) . ويتكون المسيران من حزمة وحيدة صغيرة عادة ، تؤدى الى قاعدة البويضة أو تدخلها ، ويصل أقصى طولهـــا الى منطقة الكلازا . ولا تدخل الحزمة منطقة النويسلة ، ولكنها ترسل ، فى بعض الأجناس ، فروعا داخل أغلفة البويضة . وقد تحصل البويضة الباقية بعد اختزال مجموعة من البويضـــات ، على مسيرات بويضتين أو أكثر ، وأحيانا على مسيرات مشيمتين أو أكثر . ويلاحظ عدم وجود أنسجة وعائية عادة فى بويضات كاسيات البذور ، وتوجد الأنسجة الوعائية واضحة فى أغلفة البويضة فى كثير من المجموعات النباتية الأخرى ، وخصوصا المجموعات الدنيـــا .

ويبدو العمود الوعائى لمعظم الأزهار فى غاية التعقيد ، نظرا لوجود عدد كبير من المسيرات المتقاربة داخل الأعضاء الزهرية المزدحمة ولوجود فرجات وتجزؤ العمود الوعائى للتخت . وربما ظهر العمود الوعائى بسيطا ، فى كثير من الأجناس ، ولكنه فى الحقيقة ، أكثر تعقيدا — نتيجة لالتحام المسيرات المتجاورة .

التركيب التشريحى للأزهار البسيطة

توضح لنا دراسة التركيب التشريحى لأزهار بسيطة ، الأساس الذى تبنى عليه الأنواع الأكثر تعقيدا .

زهرة أخيليا (١) :

تبين أشكال ١٥٨ أ ، ب ، ١٥٩ التركيب الوعائى للزهرة . وتظهر الأسطوانة الوعائية فى شكل ١٥٨ أ مجزأة عند أحد الجوانب ومنتشرة ، وتظهر قمة الزهرة من أحد الجوانب بالشكل ١٥٨ ب ، ويبين الشكلان ١٥٨ أ ، ب تركيب العمود الوعائى للتخت وموضع وعدد مسيرات الزوائد الزهرية وفرجاتها . (يظهر بالشكل صفان فقط من صفوف الأسدية العديدة) . ويستمر العمود على صورة أثرية عقب خروجه من الزوائد العليا للزهرة . ويبين شكل ١٥٩ تركيب الزهرة فى سلسلة من الأشكال التخطيطية لقطاعات عرضية متتالية ابتداء من العنق حتى قمة الزهرة .

وبالعنق خمس حزم (شكل ١٥٨ أ ، ١٥٩ أ) تلتحم عند قاعدة الزهرة ، مكونة اسطوانة غير مجزأة . ثم تخرج مسيرات السبلات (شكل ١٥٩ ب) ، ثلاثة لكل سبلة ، وتخرج كل ثلاثة مع بعضها من فرجة واحدة ، ثم تخرج مسيرات البتلات، واحد لكل بتلة (١٥٩ جـ) تحت المستوى الذى تقفل عنده فرجات السبلات مباشرة . ثم تخرج مسيرات الأسدية ، واحد لكل سداه ، فى محيطات عدة (شكل ١٥٩ د — هـ) . ثم تعود الأسطوانة الوعائية كاملة مرة أخرى فوق المحيط العلوى للأسدية . ثم تخرج المسيرات الظهرية للكرابل (شكل ١٥٩ و) ، تليها أزواج من المسيرات البطنية لكل كربلة . وتنشأ هذه المسيرات البطنية من جوانب الفرجات التى تكونها المسيرات الظهرية (شكل ١٥٩ ز) وعلى ذلك تتداخل فرجاتها مع فرجات المسيرات الظهرية . ثم تلتوى المسيرات البطنية فى الحال ، وتدخل مقلوبة الى الكربلة . ويبين شكل ١٥٩ ح الحالة فى التخت بعد خروج المسيرات البطنية للكرابل مباشرة . ويشاهد بقاعدة غرفة كل كربلة المسير الظهرى الى الخارج ، وزوج المسيرات البطنية الى الداخل ، يليها باقى الأسطوانة

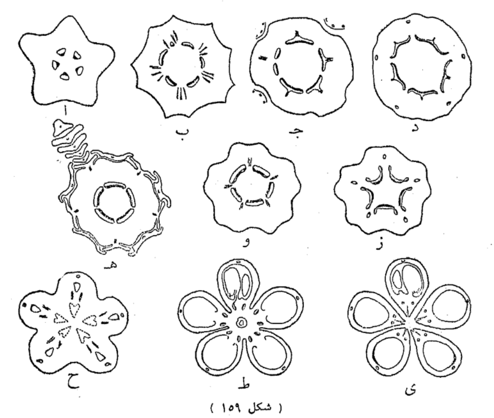
---

(١) Aquilegia

الوعائية المكونة من خمس كتل من النسيج الأقل درجة فى النمو (ظاهر بخطوط منقطة) شكل ١٥٩ ح ، معظمها من اللحاء ، وبعض الخشب الضعيف . ثم يصغر هذا النسيج ويضعف (شكل ١٥٩ ط ، فى المركز) أثناء اتجاهه نحو قمة التخت المستديرة ثم يتلاشى (شكل ١٥٨ أ ، ب) . ويشبه هذا التلاشى فى النسيج الوعائى ما يشاهد عادة فى الأسطوانة الوعائية للسوق المورقة الطرفية . ويبين شكل ١٥٩ ط الكرابل تكاد تكون سائبة من التخت ، يغذى كلا منها ثلاث حزم . ويبين شكل ١٥٩ ى (فوق التخت) قطاعات عرضية فى الخرادل المعتادة حيث تظهر حزمها الظهرية وأزواج من حزمها البطنية المقلوبة .

زهرة بيرولا(١) :

يبين شكل ١٥٨ جـ ، د ، التركيب الوعائى للزهرة . يبين الشكل جـ الأسطوانة الوعائية مجزأة عند أحد الجوانب ومنتشرة ، والشكل د منظر جانبى للأسطوانة



(شكل ١٥٩)

أشكال تخطيطية تبين التركيب الوعائى لزهرة أخيليا(٢) كما يرى فى قطاعات عرضية متتالية من عنق الزهرة حتى مستوى أعلى قمة التخت . الوصف التفصيلى بالمتن

(١) Pyrola

(٢) Aquilegia

الوعائية حيث تخرج المسيرات الىأفراد كل محيطات الزوائد الزهرية . ولا يوجد للعمود الوعائى لتخت هذه الزهرة جزء أثرى بعد المسيرات البطنية للكرابل . ويشبه تركيب عنق هذه الزهرة مثيله فى زهرة أخيليا . وبخلاف الزهرة الأخيرة يلاحظ وجود مسير واحد فقط لكل سبلة بزهرة بيرولا . وتشبه مسيرات البتلات والأسدية مثيلاتها فى زهرة أخيليا ، ولو أن عدد الأسدية أقل ، كما أنها موجودة فى محيطين متجاورين . وتلتحم حزم العمود الوعائى مثانى لتكوين خمس حزم فوق نقطة خروج المسيرات الظهرية للكرابل ، وتمثل كل حزمة المسيرين البطنيين للكربلة . ويشترك فى تكوين هذه المسيرات كل ما تبقى من النسيج الوعائى .

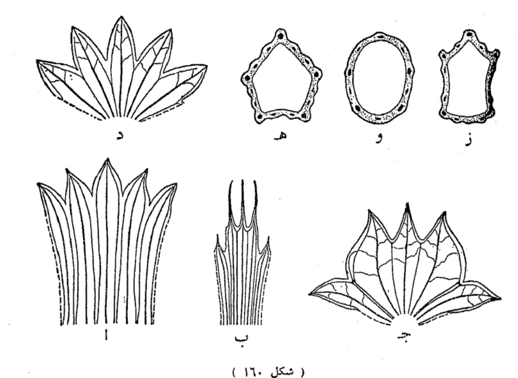
التركيب التشريحى لأزهار أكثر تعقيداً

الالتحام فى العمود الزهرى :

أهم التغيرات التى تحدث فى الزهرة نتيجة لتخصصها ، هى التحام واختزال الزوائد الزهرية . وتوجد مراحل الالتصاق — حيث تلتحم أفراد كل محيط ببعضها البعض — ومراحل الاندماج — حيث تلتحم أفراد محيط ما بأفراد المحيط الذى يقع أعلاه أو تحته — فى كثير من الفصائل . ويدل على اختزال الزوائد الزهرية وجود الأجسام الأثرية والدراسة المقارنة للأنواع المشابهة . وعند تتبع التاريخ التطورى للالتحام يلاحظ أن الأعضاء تلتحم من الخارج أولا ، مع عدم تغير التركيب الداخلى . ويعتبر خط الالتحــام ، من الناحية النسيجية ، غير واضح أو مختفى ، كما أن الأنسجة الوعائية لا تتغير . ثم يزداد الالتحام ، وربما شمل الحزم الوعائية أيضا ، اذا كانت متجاورة . وقد يكون الالتحام بين المسيرات وحدها أو بين المسيرات والحزم ذاتها داخل الزوائد الزهرية ولكنه لا يمتد أبدا بطول الحزم . وهناك عادة من أدلة النشأة التكوينية والأدلة النسيجية ما يؤكد وجود الالتحام .

الالتحام فى صورة الالتصاق :

يظهر أثر النطاق العمود الوعائى أساسيا ، فى المسيرات الجانبية ، وفى الحزم التى تتجاور بالتحام السبلات ، أو البتلات ، أو الكرابل ، أو الالتحام الحافى لحواف الكربلة غير الملفوفة . ويمكن بيان ذلك بالأمثلة التالية :



(شكل ١٦٠)

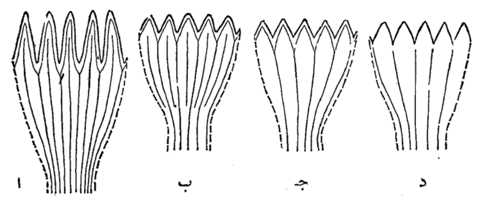
التركيب التشريحى للكؤوس ، مبينا مراحل التحام الحزم الجانبية قبل الالتصاق . أ نيبيتا فيرونيكا[١] ب ، بليفيا هيرسوتا[٢] ج ، تريكوستيما دايكوتومام[٣] د ، شندقورة (أجوجا ريبتانز)[٤] هـ ، و ، ز (قطاعات عرضية) ، هـ ، شاى أوسويجو (موناردا ديديما[٥]) ، و ، فيزستيجيا فيرجينيا[٦] ز ، سلفيا باتينز[٧]. الوصف التفصيلى بالمتن

تبين الكؤوس ذوات السبلات الملتحمة بازهار أنواع النعناع كل مراحل التحام النسيج الوعائى . ففى زهرة نيبتا[٨] (شكل ١٦٠ أ) يوجد عرق وسطى وحزمتان جانبيتان بكل سبلة ، ولا يوجد التحام ، وتظهر بكأس زهرة شندقورة (أجوجا[٩]) (شكل ١٦٠ د) أزواج الحزم الجانبية ملتحمة حتى قريبا من الجيوب . ويظهر زوجان من الحزم الجانبية ملتحمة وثلاثة أزواج سائبة بكأس زهرة بليفيا [١٠] الوحيدة التناظر (شكل ١٦٠ ب) ، وبالمثل فى زهرة

---

(١) Nepeta veronica
(٢) Blephilia hirsuta
(٣) Trichostema dichotomum
(٤) Ajuga reptans
(٥) Monarda didyma
(٦) Physostegia virginiana
(٧) Salvia patens
(٨) Nepeta
(٩) Ajuga
(١٠) Blephilia

تريكوستيما[١] (شكل ١٦٠ جـ) ، فيما عدا أزواج الحزم السائبة التى تلتحم قليلا عند الجيوب . ويؤخذ فى الاعتبار عدد أضلع الكأس للتفرقة بين أجناس الفصيلة الشفوية[٢] وهى صفة تقسيمية تعتمد على مدى الالتحام بين الحزم الجانبة ، كما فى زهرة موناردا[٣] (شكل ١٦٠ هـ) ، وبها ١٥ حزمة دون التحام ،



(شكل ١٦١)

الجهاز الوعائى لانواع من التويج ملتحم البتلات مبينا التحام الحزم الجانبية للبتلات واختفاء الحزم أثناء الاختزال . أ ، هيلبانثس دايفاريكاتاس[٤]، ب ، سينسيوفربمانتياى[٥]، جـ ، عين البقر (كريزا نثيمام ليكانثيمام[٦]، د ، زانثيام أورينتال)[٧]. فى جميع الامثلة يظهر الالتحام كاملا حتى قريبا من الجيوب ، ويظهر فى كريزانثيمام اختفاء الاطراف السائبة للحزم الجانبية . وتظهر مراحل اختفاء الحزم الوسطى البتلية : أ ، الحزم غير مختزلة ، ب ، الاجزاء القاعدية مختفية ، جـ ، د الحزم غير موجودة . (عن كوخ)

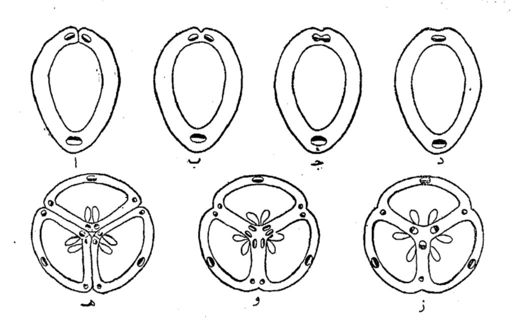
وزهرة فيزوستيجيا[٨] (شكل ١٦٠ ز) وبها ١٠ حزم ، الأزواج الجانبية منها ملتحمة ، وزهرة سلفيا[٩] (شكل ١٦٠ ز) وبها ١٣ حزمة ، منها زوجان من الحزم الجانبية ملتحمة . ويوجد التحام مماثل شائع فى البتلات (شكل ١٦١) والكرابل (شكل ١٦٤) .

ويعتبر التفاف الكربلة أبسط أنواع التحام المتاع من نوع الالتصاق (شكل ١٦٢) . ويتميز الجانب البطنى لأبسط أنواع الكرابل ، وهو الخردلة ، بزوج من الحزم ناتج من تقارب الحزمتين البطنيتين (شكل ١٦٢ أ ، ب).. وفى أدوار

(١) Trichostema
(٢) Labiatae
(٣) Monarda
(٤) Helianthus divaricatus
(٥) Senccio Fremontii
(٦) Chrysanthemum Leucanthemum
(٧) Xanthium orientale
(٨) Physostegia
(٩) Solvia

النشؤ القبلية المبكرة ، تتلامس حواف الكربلة فقط ، أو تلتحم قليلا (شكل ١٦٢) . (قد تكون الكربلة غير مقفولة تماما فى بعض الأجناس) . وبازدياد الالتحام ، تختفى طبقات البشرة من السطح وتكون الحزمتان حزمة مزدوجة (شكل ١٦٢ ب ، ج)وعند تمام الالتحام ، تصبحان حزمة واحدة لا يظهر عليها ، من حيث التركيب النسيجى ، أو النشأة التكوينية ، أى دليل على أنها مزدوجة (شكل ١٦٢ د) .

وقد يظهر التحام النسيج الوعائى للكربلة فى الحزم البطنية ، فتنشأ كمسير واحد على امتداد هذه الحزم ، وأحيانا يظهر الالتحام فى جزء من الكربلة (شكل ١٦٣) ، فتنشأ الحزم البطنية كمسيرات منفصلة ، ولكنها قد تتحد عند أى نقطة أثناء مسيرها . والكربلة التى لها حزمتان ، واحدة ظهرية والأخرى بطنية مكونة من حزمتين ، قد يكون لها مسير واحد أو مسيرين . كما أنه فى

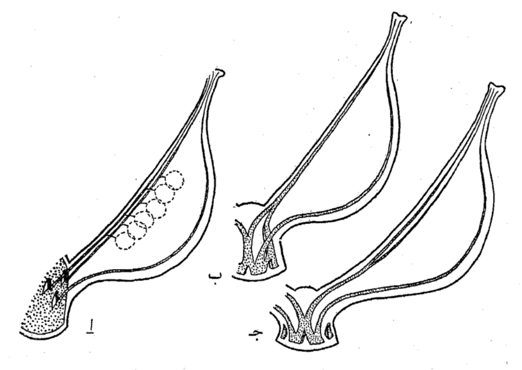


(شكل ١٦٢)

قطاعات عرضية تخطيطية لمبايض نموذجية مبينة الآثار التركيبية للالتصاق ، خصوصا على الحزم الوعائية : أ ــ د ، مراحل التحام الحزم البطنية للخرادل ، هـ ــ ز ، مراحل تطور التحام الكرابل ، التحام الكرابل وحزمها البطنية والجانبية . أ ، حواف الكربلة مضمومة ، ولكنها غير ملتحمة ، طبقات البشرة موجودة ، ب ، الحواف ملتحمة ، طبقات البشرة غير موجودة ، ج ، الحزمتان البطنيتان ملتحمتان قليلا ، د ، الحزمة البطنية تامة الالتحام دون ما يدل على التحامها نسيجيا ، هـ ، التصاق الكرابل دون التحام تركيبى ، و ، الجدر الجانبية للكربلة ملتحمة ، الحزم البطنية والجانبية للكرابل المتجاورة متقاربة فى أزواج ولكنها غير ملتحمة ، ز ، أزواج ولكنها غير ملتحمة ، ز ، أزواج الحزم الجانبية والبطنية للكرابل المتجاورة كاملة الالتحام

الكرابل الشديدة الاختزال ، خصوصا فى الفقيرات ، قد تنشأ المسيرات الكربلية الثلاثة كمسير واحد ثم تنفصل عن بعضها عند قاعدة غرفة الكربلة فقط (شكل ١٦٨ و ، ط) كما يظهر الالتحام بين حزم الكربلة فى الجزء البعيد عن قاعدة المبيض أو فى القلم ، بينما تكون المسيرات والحزم فى مكان آخر غير ملتحمة .

تظهر تغيرات نتيجة لالتحام الكرابل تشـبه التغيرات الموجودة بالكرابل السائبة (شكل هـ — ز) . فتتلاشى الخطوط الفاصلة بين الكرابل ، وكذلك حوافها (١٦٢ و) . وتكون الحزم البطنية المقلوبة ، حلقة مركزية من الحزم التى توجد أزوجا عادة ، كل زوج منهـا عبارة عن الحزم البطنية للكربلة ذاتها ، أو غالبا ما يتكون كل زوج من كل كربلتين متجاورتين . وتميل حزمتا كل زوج الى الالتحام وتشاهد بهما كل درجات الالتحام . وقد توجد حلقة مكونة من ست أو ثلاث حزم بطنية (شكل ١٦٢ ١٦٢) فى مركز المبيض المكون من ثلاث



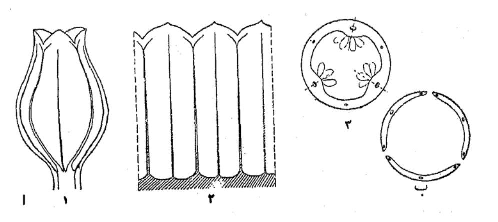
(شكل ١٦٣)

جهاز الكربلة الوعائى . أ ، ثلاثة مسيرات من ثلاث فرجات ، الحزم داخل الكربلة غير ملتحمة حتى الميسم ، ب ، ثلاثة مسيرات من عمود وعائى منجزأ ، سرعان ما التحمت الحزم البطنية ، وتظهر بالكربلة حزمتان فقط ، جـ ، تنشأ الحزم البطنية ملتحمة ولكنها تصبح سائبة عند قاعدة المبيض . تدخل قمة العمود الوعائى الزهرى فى تكوين المسيرات البطنية بالشكلين ب ، جـ .

كرابل ملتحمة — واذا وجـدت ثلاث حزم ، تعتبر كل حزمة ، مزدوجة من الناحية الشكلية ، وتمثل اما أصلى المسيرين البطنيين لكربلة واحدة أو مسير واحد من احدى الكرابل وآخر من الكربلة المجاورة . وعندما نشأ التحـام الكرابل وما زالت متفتحة ، والحافة ملتحمة بالحافة ، وبالداخل غرفة واحدة مشتركة (شكل ١٦٤) — أو عندما اختزلت الحواجز أو اختفت ، وأصبح الوضع المشيمى ، جداريا — فان الحزم البطنية للكرابل المتجاورة توجد فى أزواج ، أو تلتحم ، بالجدار الخارجى للمبيض (شكل ١٦٤ أ) . وتجرى حدود الكربلة فى هذا النوع من المبايض خلال المشيمات ، وتعتبر الأخيرة ، من الناحية الشكلية ، أجساما مزدوجة ينتمى كل نصف منها الى كربلة مختلفة .

الالتحام فى صورة الاندماج :

عندما تلتحم أفراد محيط ما بأفراد المحيطات الأخرى — سـواء كانت المحيطات من أعضاء متشابهة أو مختلفة — فان حزمها الوعائيـة تميل الى الالتحام كما فى الالتصاق . ويحدث الالتحام بين الحزم المتجاورة فى وضع قطرى أو مماسى وربما شمل الالتحام أى عدد من الحزم المنتمية الى محيطين أو أكثر .



(شكل ١٦٤)

أشكال تخطيطية تبين الالتصاق بين الكرابل . أ ، على أساس تركيب الخزامى (ريزيدا اودوراتا) (١) أ ، منظر جانبى مبينا منشأ المسير وسير الحزم داخل المبيض ، وتظهر الحزم الجانبية البطنية فى الكرابل المتجاورة وهى ملتحمة فيما عدا اطرافها ، ت ، جدار المبيض منشق طوليا ومنبسط ، ج ، قطاع مرضى خلال مركز المبيض ، تمثل الخطوط المنقطة حدود الكربلة . كما التحمت الحزم البطنية فى ازدواج وتقع الحزم الملتحمة والمشيمات على خط التحام الكرابل . ب ، مبينا موضع الكرابل نظريا قبل الالتحام لتكون المبيض الكرابل من النوع الظاهر بالشكل ا

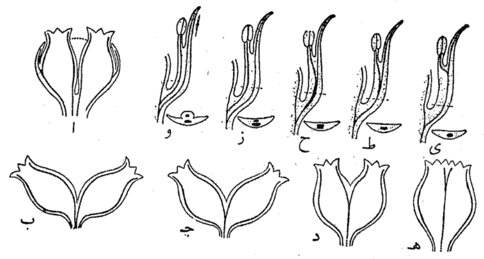
---

(١) Reseda odorata

وتظهر مراحل الالتحام فى مثال بسيط — السداه فوق البتلية — مبينة بالشكل ١٦٥ و — ط وتحته الشرح . كما يمكن مشـــاهدة هـــذه المراحل فى كثير من الفصائل ، كما فى الفصيلة الكراسيولية [١] على سبيل المثال . ويظهر الالتحام الذى يشمل عدة محيطات ، مع امتداد الاتحاد الى مسافات مختلفة من منشأ المسير ، بأزهار الفصيلة الوردية [٢] (شكل ١٦٧ م — ش) .

المبيض السفلى :

ظاهر أن المبيض السفلى يتكون باندماج السبلات ، والبتلات ، والأسدية مع الكرابل ، أو بسقوط المتاع داخل التخت المجوف ، مع التحام التخت حول



(شكل ١٦٥)

أشكال تخطيطية تبين التحام الحزم الوعائية من نوع الاندماج . و — ى ، مراحل التحام السداه مع البتلة ، كما ترى فى قطاعات طولية وعرضية : و ، الاعضاء ملتحمة قليلا ، ويظهر انفصال العضوين بوضوح من الخارج ، ز ، الالتحام أكثر اكتمالا ، التركيب المزدوج غير واضح فى الجزء السفلى من الخارج ، ولكن الحزم الوعائية منفصلة فى جميع أجزائها ، ط ، ى ، الحزم الوعائية ملتحمة الى مسافات مختلفة من القاعدة ، دون وجود دليل نسيجى على ازدواجها . أ ، اندماج القنابات مع الازهار ، لونيسرا سريوليا [٣] ، تندمج القنابات مع الجزء السفلى من المبايض السفلية وتلتحم الحزمة الوسطى للقنابة مع احدى حزم جدار المبيض . ب — هـ ، اندماج زهرة مع زهرة : ب ، لونيسرا الكندية [٤] ، جـ ، لونيسرا تاتاريكا [٥] ، د ، لونيسرا العطرة [٦] ، هـ ، لونيسرا الطويلة الاوراق [٧] تبين الانواع الاربعة تزايد التحام المبايض ، مع تزايد مماثل فى التحام الجهاز الوعائى للزهرتين .

(أ — هـ عن ويلكينسون)

---

(١) Crassulaceae

(٢) Rosaceae

(٣) Lonicera caerulea

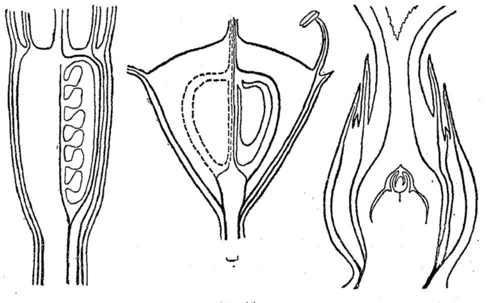
(٤) Lonicera canadensis

(٥) L. tatarica

(٦) L. fragrantissima

(٧) L. oblongifolia

الكرابل . وتبين الأدلة التشريحية بوضوح أن المبيض السفلى ، فى كل الفصائل تقريبا ، ناتج من التحام الزوائد الزهرية بالكرابل . وتجرى مسيرات الأعضاء المندمجة داخل جـدر المبيض ، فى بعض النبـاتات ، مثل الستروميريا [١] وحبل المساكين (هيديرا هيليكس[٢]) وهى سائبة حتى قاعدة المبيض ، فى مواضعها الأصلية كما لو لم يكن هناك اندماج (شكل ١٦٦ أ ، ب) . ولا يظهر التحام ، ومع ذلك،فهناك التحام لمسافات مختلفة بجدار المبيض فى معظم الأنواع ذوات المبايض السفلية ، كما فى الجوز[٣] (شكل ١٦٦ جـ) وبعض أفراد الفصيلة الأيريكية [٤] (شكل ١٦٧ أ — و) . ويتكون جدار المبيض فى مثل هـذه الأنواع — كما هو واضح من موضع ومسير الحزم — من جدار المبيض الحقيقى وأنسجة الأعضاء المندمجة .



(شكل ١٦٦)

أشكال تخطيطية تبين التركيب الوعائى فى المباض السفلية . أ ، الستروميريا ، ب ، هيديرا هيليكس حيث حزم الكأس والتويج والاسـدية غير ملتحمة بعضها ببعض أو بحزم الكرابل خـلال مسيرها داخل جدار المبيض ، جـ ، الجوز الاسود[٥] (اندمجت بالزهرة القنابات والقنيبات وكذلك السبلات) حزم السبلات ، والقنيبات ، والقنابات ملتحمة بحزم الكرابل الى مسافات مختلفة من مكان نشأتها (لا تظهر الحزم البطنية للكرابل فى مستوى القطاع) . (أ ، عن فان تيجيام ، جـ ، عن مانينج)

---

(١) Alstromeria (٢) Hedera helix

(٣) Juglans (٤) Ericaceae

(٥) Juglans niger

يتطلب سقوط المتاع داخل التخت انغمار قمة الهيكل الوعائى . ويحتوى جدار المبيض فى هذه الحالة على اسطوانتين من حزم العمود الوعائى ، الداخلية منها مقلوبة . وينحنى داخل الفجوة الى أسفل ، الجزء البعيد عن قاعدة العمود للتخت ، وهو الذى تخرج منه مسيرات الكرابل ، وتصبح الكرابل العليا سفلية من ناحية الشكل . وتبين زهرة داربيا(١) (شكل ١٦٧ ل) هذا التركيب كمثال للفصيلة الصندلية (٢) وهى الفصيلة الوحيدة التى بها مبيض سفلى من أصل تختى .وفى قليل من الأجناس، كما فى الورد(٣) (شكل ١٦٧ ك)،وكاليكانثاس (٤) تغوص قمة التخت وتمد الكرابل الفجوة، ولكن جوانب تجويف التخت لا تلتحم بالكرابل وتظل المبايض علوية . والجزء السفلى من ثمرة الورد اللحمية عبارة عن التخت ، والجزء العلوى عبارة عن زوائد ملتحمة ، كما يتضح من مسير الحزم الوعائية (شكل ١٦٧ ك) . ويبين الشكل (١٦٧ ط — ك) مراحل نمو ثمرة الورد بأمثلة من الأجناس القريبة . وتعتبر ثمرة زر الورد(٥) والتفاح عادة تختا لحميا من نفس النوع . ولكن الورد والتفاح ينتميان الى مجموعات متباعدة داخل الفصيلة الوردية ، كما يبدو بالأدلة التقسيمية والخلوية والتشريحية ، كما أن ثمارها ليست متجانسة . ومبيض ثمرة التفاح والأجناس القريبة كلها زوائد — وتنشأ مسيرات كل الأجزاء الزهرية من تخت عادى الشكل ولا توجد حزم هيكلية مقلوبة . والاندماج ممتد (شكل ١٦٧ ش) : فيمتد المسير الأوسط للسبلة ومسير السداه ، والمسير الظهرى للكربلة ، فى مجموعة من أنصاف الأقطار ، وفى أنصاف الأقطار المتبادلة مع السابقة ، تتحد المسيرات الجانبية للسبلات المجاورة ، ومسير البتلة ، والمسيرات الثلاثة للأسدية . ويمتد التحام مسيرات الأعضاء المختلفة لمسافات مختلفة ، فيما عدا المسير الظهرى للكربلة الذى يلتحم لمسافة قصيرة مع غيره من المسيرات . ويمكن رؤية حدود الكربلة من الناحية النسيجية فى بعض أصناف التفاح . ويتكون لحم ثمرة التفاح شكليا من أنسجة من كل أجزاء الزهرة ، ويكون التخت جزءا ضئيلا عند القاعدة . ويبين الشكل ١٦٧ (م — ش) مراحل النمو التطورى للمبيض فى أجناس قريبة للتفاح .

---

(١) Darbya
(٢) Santalaceae
(٣) Rose
(٤) Calycanthus
(٥) rose hip

ويظهر الالتحام المطلق لحزم كل الزوائد فى المبيض السفلى لمعظم السحلبيات[١] ، والسوسن[٢] وزهور شب الليل (أونيثيرا)[٣] ، ويشاهد عدد قليل من الحزم فى الجدار الخارجى للمبيض بالقطاعى العرضى (شكل ١٦٧ ز ، ح) .

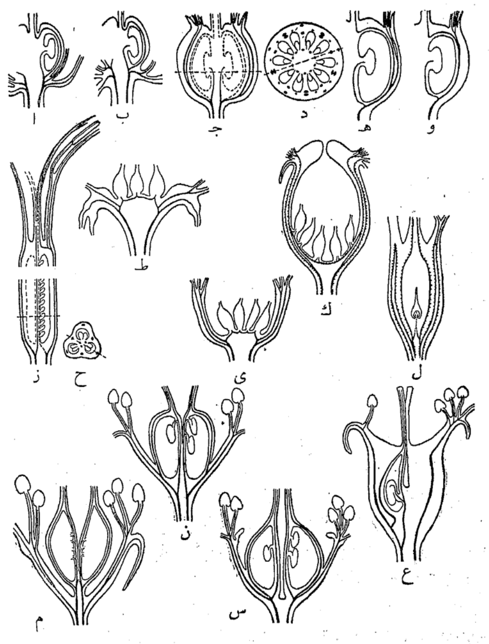
اندماج الأزهار مع غيرها من الأزهار وغيرها من الأعضاء :

اذا حملت زهرتان أو أكثر ، حملت متجاورة على شمراخ زهرى ، فانها قد تلتحم من الناحية التشريحية كما فى زهرة ميتشيللا[٤] وزهرة ماكلورا[٥] وبعض أنواع شبرفايد[٦] وكورنس[٧] . ويشمل هذا الالتحام الأجزاء القاعدية وحدها وخصوصا المبايض . وتظهر كل مراحل التحام المبايض فى الزهرتين المتجاورتين بأنواع عدة من شبرفايد (شكل ١٦٥ ب — هـ) ، وتلتحم المبايض فى زهرتين ونادرا فى ثلاث أو أربع أزهار ، التحاما تاما ، فى ميتشيللا . والالتحام بهذه الأجناس كامل لدرجة أن بعض حزم الزهرة تلتحم بحزم الزهرة المجاورة فى الأنواع الشديدة الالتحام . وقد يحصل الغلاف الزهرى لزهرتين على الغذاء من حزمة واحدة داخل المبيض المزدوج .

قد تلتحم القنابات بالأزهار التى تحملها ، كما فى زهرتى الجوز[٨] وشبرفايد[٩] (شكلى ١٦٥ أ ، ١٦٦ جـ) . والأناناس[١٠] مثال لالتحام كل أجزاء النورة — الأزهار ، والقنابات ، والمحور — وتزدحم الأزهار الكثيرة ، فى حلوزنات ، لكل زهرة قنابتها ، ويغلف المبيض السفلى لكل زهرة تماما بالقنابات ، فيغلف النصف الأمامى بقنابته ، والجزء الباقى بأجزاء من القنابات الثلاث الأخرى . والالتحام تام من الناحية النسيجية بين المبيض والقنابات المحيطة الأربعة حتى قمة المبيض . ويتدد هذا الالتحام خلال النورة ، مؤديا الى التحام كل المبايض وكل القنابات والمحور فى جسم واحد . وكل حزم الزهرة غير ملتحمة ببعضها أو بحزم القنابات، ولكن حزم القنابات المتجاورة ملتحمة عادة وتغذى كل قنابتين متجاورتين .

---

(١) Orchids
(٢) Irises
(٣) Oenothera
(٤) Mitchella
(٥) Maclura
(٦) Lonicera
(٧) Cornus
(٨) Juglans
(٩) Lonicera
(١٠) Ananas comosus



(شكل ١٦٧)

التركيب الوعائى للازهار بالنسبة للاندماج والمبيض السفلى . أ ــ و ، أزهار الفصيلة الايريكية (١) مبينة مراحل الزيادة فى اندماج الزوائد الزهرية : أ بيرولا سيكوندا(٢)، المبيض علوى ، لا يوجد اندماج ، ب ، اندروميدا جلوكوفيللا (٣)، المبيض علوى ، الاسدية ملتحمة بالبتلات عند القاعدة ، مع التحام الحزم الوعائية لعضوين حتى نقطة الانفصال تقريبا ، جـ ، د ، جايلوساكيا فروندوزا (٤) المبيض سفلى ، تندمج الكأس والتويج والاسدية مع الكرابل ولكن الجهاز الوعائى لهذه الاعضاء

---

(١) Ericaceae

(٢) Pyrola Secunda

(٣) Andromeda glaucophylla

(٤) Gaylussacia frondosa

سائب فى مسيره خلال منطقة الاندماج ، فيما عدا الجزء الملاصق للقاعدة ، حيث الحزم التى تقع على بعض أو ساف الاقطار - حزم السبلات والاسدية الخارجية والحزم التى على الاقطار المتبادلة (حزم البتلات والاسدية الداخلية) - ملتحمة ، د ، قطاع عرضى خلال مركز المبيض مبينا وضع الحزم وحالتها الحرة فى الاعضاء المندمجة مع الكرابل (الحزم الكربلية الظهرية غير ملتحمة بغيرها من الحزم حيث أنهـــا تقع على أنصاف أقطار مختلفة) ، هـ ، و ، فاكسينيوم كوريمبوزام (١) وفاكسينيوم ماكروكاربون(٢)، مبينين التحام حزم البتلة والسداه بالحزم الكربلية الظهرية ، وهو التحام أكثر تقدما منه فى جـ ، ز ، ح ، أيريس فيرسيكولور (٣) ، مبيض سفلى نموذجى ، حزم الاعضاء المندمجة فى كل نصف قطر ملتحمة بطولها حتى قمة المبيض . ط ، ى ، داليباردا ريبينز (٤) روباس ترايفلوراس(٥)، ورد سيتيجيرا(٦)على الترتيب : ط ، ى ، مبينين تفلطع قمة التخت ، ك مبينا انغمار القمة .ك ، بها الحزم الهيكلية مقلوبة على بعد ثلث المسافة من القمة ، الثلث الاسفل بحزمه الهيكلية المقلوبة ينتمى الى التخت ، الثلثان العلويان ، « أنبوبة الكأس » - السبلات ملتحمة بالبتلات والاسدية - شبيها ومتجانسا مع ط ، ى ولكنها مقوسة الى الداخل ،؛ وتغطى الكرابل الغائرة . ل ، داربيا (٧)، المبيض سفلى مكون بانقلاب قمة التخت كما يظهر من الحزم الوعائية المقلوبة . م - ش سلسلة من الاجناس الوردية القريبة ، مبينة مراحل اندماج « انبوبة الكأس » مع الكرابل : م ، فيزوكارياس أو بيوليفولياس(٨) ، الكرابل علوية ، السبلات والبتلات والاسدية ملتحمة ، ولكن « أنبوبة الكأس » سائبة من الكرابل ، ن ، سورباس سوربيفوليا(٩)، انبوبة الكأس ملتحمة بقاعدة الكرابل ، س ، سبايريا فان هوتياى(١٠)، « أنبوبة الكأس » مندمجة مع الكرابل فى منتصف المسافة الى قمة المبيض ، ش ، مالاس بيوميلا(١١) « أنبوبة الكأس » مندمجة مع الكرابل حتى القمة ، الحزم فى بعض أصناف الاقطار ملتحمة بالحزم الكربلية الظهرية (ط - ك ، م - س ، عن جاكسون ، ل - عن سميث)

وعندما تلتحم الأجزاء الخضرية أيضا ، كما يحدث عند التحام قنابة بشمراخ زهرى كما فى الزيزفون(١٢) والشـــماريخ الابطية بالســـاق المجاورة كما فى سبارجانيوم(١٣) وستريبتوباس(١٤) - مكونة نورات فوق ابطية - فان النسيج الوعائى يلتحم أيضا ويصبح معقد التركيب .

الجهاز الوعائى المشيمى :

حيث أنه فى كثير من الأزهار ، تخرج مسيرات البويضات من الحزم البطنية مباشرة ، فقد سميت هـــذه الحزم خطأ « الحزم المشيمية » . مع أن المشيمة فى الخرادل ، والفقيرات ، وبعض أنواع أخرى من المبايض ، عبارة عن موضع فقط ،

---

(١) Vaccintum corymbosum
(٢) V. macrocarpon
(٣) Iris versicolor
(٤) Dalibarda Repens
(٥) Rubus triflorus
(٦) Rose setigera
(٧) Darbya
(٨) Physocarpus opulifolius
(٩) Sorbus sorbifolia
(١٠) Spiraea van Houtei
(١١) Malus pumila
(١٢) Tilia
(١٣) Sparganium
(١٤) Strep topus

وفى هـذه الحالات لا يوجد جهاز وعائى يغذيها . وانما تغذيها فروع من الحزم البطنية التى تتفرع كذلك معطية مسيرات البويضات ، عند ما تصبح المشيمة واضحة ، كأن تكون نموا لحميا من منطقة على حافة الكربلة ، كما فى الفصيلتين الأيريكية [١] والقرعية [٢] . وواضح أن البويضات على المشيمة فى مبيض ملتحم الكرابل يمكنها أن تحصل على جهازها الوعائى من كرابل مختلفة ، وقد تحصل البويضات التى تبقى بعد اختزال عددها ، من عدد أصلى كبير ، على مسيرات وعائية قوية . كما يمكن أن يغذى الجهاز الوعائى لأكثر من الكربلة ، بويضة واحدة أو أثنين، فى حالة الاختزال الشديد ، كما فى بعض أنواع الوضع المشيمى القاعدى ، والمركزى الحر (الفصيلتين الجوزية [٣]) والبوليجونية [٤] (ويبين التركيب التشريحى أنه لا توجد بويضات ساقية بكاسيات البذور) .

الجهاز الوعائى الأثرى :

يبين العمود الوعائى للأزهار الحديثة ، تركيب الأنواع المندثرة . وقد سبقت الاشارة الى وجود مسيرات أثرية عند قمة التخت (شكلى ١٥٨ ، ١٥٩) . وقد تبقى آثار الجهاز الوعائى بالأعضاء المفقودة ضمن أنسجة التخت بينما لا يظهر لهذه الأعضاء أى أثر خارجى . ويندر اختفاء الجهاز الوعائى لعضو أثرى بينما بقايا العضو الخارجى مازالت موجودة . والأنسجة الوعائية الأثرية بالأعضاء المفقودة عبارة عن بقايا مسيرات مدفونة فى قشرية التخت عادة . والأعضاء المفقودة الممثلة بهذه الطريقة قد تكون محيطات كاملة من البتلات والأسدية على وجه الخصوص ، أو أفراد من محيطات باقية . وتظهر أصول حزم البتلات المفقودة بكثرة فى الأزهار عديمة البتلات كما فى أريستولوخيا [٥] ، ورامناس [٦] (عديمة البتلات) والصفصاف [٧] ، والبلوط [٨] (بعض أنواعه) ، وتظهر أصول حزم الأسدية المفقودة فى الفصائل الشخصية [٩] ، والشفوية [١٠] والقرعية [١١] ، وأجناس

---

(١) Ericaceae
(٢) Cucurbitaceae
(٣) Juglandaceae
(٤) Polygonaceae
(٥) Aristolochia
(٦) Rhamnus
(٧) Salix
(٨) Quercus
(٩) Scrophulariaceae
(١٠) Labiatae
(١١) Cucurbitaceae

ليسيماشيا [١] وكيونانثاس [٢] ، وليكنس [٣] ، وتظهر مسيرات الكرابل المفقودة فى فصائل الكابريفولية [٤] ، والأيريكية [٥] والسدييه [٦] ، والفاليريانية [٧] وتظهر من الخارج ، بقايا الأعضــاء المفقودة ، فى الأزهار الوحيدة الجنس عادة ، واذا اختفت هذه البقايا الأثرية ، فقد توجد مسيراتها داخل التخت كما فى الفصائل الزانية [٨] والقرنفلية [٩] والحريقية [١٠] .

وتظهر بكثرة مسيرات البويضات المفقودة ضمن الأجسام الأثرية بالزهرة وهى شائعة الوجود فى بعض الفصائل خصــوصا الشــقيقية والخيمية [١١] والوردية [١٢] (شكل ١٦٨ ب ، هـ ، ن) .

اختزال الجهاز الوعائى داخل عضوما :

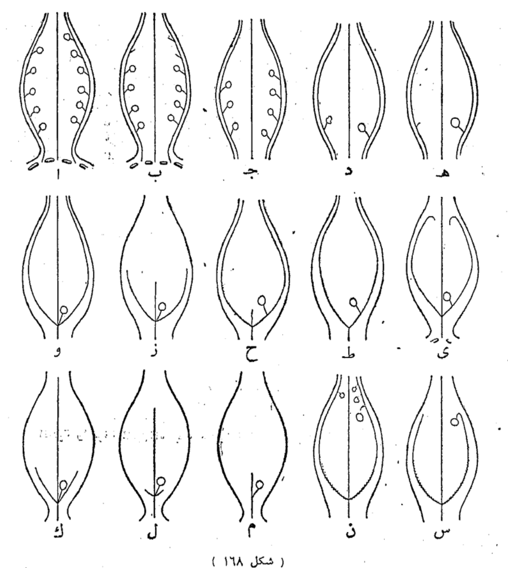
عند ظهور الاختزال فى عضو ما أثناء التخصص التطورى — مثال ذلك ، عندما تتحول خردلة بها عدة بويضات الى فقيرة بها بويضة واحدة، وعندما يختزل حجم التويج فى الأزهار الصغيرة المزدحمة بالهامة فى الفصيلة المركبة [١٣] — يختزل كثيرا النسيج الموصل للعضو . وقد تقصر حزم الكرابل الظهرية أو البطنية ، كما تمتد الأخيرة الى البويضات فقط . وفى حالات الاختزال الشديد ، يتكون النسيج الموصل للكربلة من حزمة صغيرة تجرى من العمود الوعائى للتخت حتى البويضة مباشرة . وتظهر مراحل وأنواع هذا الاختزال فى الفقيرات (شكل ١٦٨) . وقد تدخل حزمة السداة قاعدة الخيط فقط ، وهى التى تمتد عادة الى المتك . كما تقصر أو تختفى الحزم الوسطية أو الجانبية فى البتلة . وتختفى الحزمة الوسطى أكثر من غيرهاعادة بالتويج الملتحم البتلات (شكل ١٦١ب،جـ،د) ، وتبقى الحزم الجانبية الملتحمة وربما اختزلت الأخيرة فى الطول (شكل ١٦١ د) .

---

(١) Lysimachia
(٢) Chionanthus
(٣) Lychnis
(٤) Caprifoliaceae
(٥) Ericaceae
(٦) Rutaceae
(٧) Valerianaceae
(٨) Fagaceae
(٩) Caryophyllaceae
(١٠) Urticaceae
(١١) Umbelliferae
(١٢) Rosaceae
(١٣) Compositae

السبلة والبتلة :

تشبه السبلة والبتلة الورقة عادة فى الشكل والمظهر الخارجى العـام . كما تشبه السبلة الورقة من حيث التركيب الا اذا كانت السبلة بتلية ، كما تشـبه البتلة الورقة فى التركيب العام ولكنها تختلف من الناحية النسيجية عن الورقة النموذجية فى أمور كثيرة (شكل ١٦٩) . فجهازها الوعائى مختزل فى الكمية وفى الأنسجة الدعامية عادة ، كما أن النسيج المتوسط بسيط التركيب ، ولا توجد طبقة عمادية عادة ، ويتكون النسيج الأسفنجى من عدد قليل من الطبقات الخلوية، كما توجد بلاستيدات ملونة أو عصير خلوى ملون أو يوجد كلاهما معا . وبشرة البتلة أبسط تركيبا من بشرة الأوراق وجدر خلاياها ضعيفة عادةوتركيبها معقد وهى متعرجة غالبا ، نجمية الشكل أو مفصصة دون نظام ، كما تتداخل الخلايا مع بعضها . وتكون خلايا بشرة البتلات التى بهذا الشكل وهذا الترتيب ، طبقة دعامية أقوى من غيرها التى تتكون من خلايا أبسط تركيبا . وتظهر عادة على خلايا أحد سطحى البتلة أو على كل منهما حلمات . والثغور أقل عددا منها على الأوراق وغالبا ما تؤدى وظيفتها أو لا توجد بتاتا . كما أن الخلايا الحارسـة لا تحتوى على بلاستيدات خضر الا اذا وجدت البلاستيدات بالنسيج المتوسط وتظهر المساحات الافرازية والشعيرات المغذية بكثرة ، وكذلك المسافات البينية فى المنحنيات أو فصوص الجدار الخلوى (شكل ١٧٠ جـ ، د ، هـ) وهى مغطاة دائما بالأدمة . وتختلف ثخانة الأدمة اختلافا كبيرا ، وهى رقيقة جدا على سطح البتلات الرقيقة بالنباتات الحولية وتظهر الأنواع المتطرفة من البتلات اختلافا كبيرا عن التركيب النموذجى السابق وصفه . فتحتوى البتلات الأقل تخصصا على جهاز وعائى قوى ، وطبقة ضعيفة من النسيج العمادى ، بها بلاستيدات خضر وبشرة لا تحتوى على حلمات ، وثغور كثيرة ، وتحتوى على طبقة تحت بشرة غالبا ، كما أن بها نسيجا دعاميا حول العروق الكبرى ، وتحتوى البتلات الأعلى تخصصا على نسيج وعائى ضعيف ، وعريقات ، كما أن معظم الحزم الرئيسية غير موجودة ولا يصاحبها جميعا نسيج دعامى . ويتكون النسيج المتوسط من طبقة أو ثلاث طبقات غير واضحة المعالم ، خلاياها متباعدة جدا ، وتختفى هذه الخلايا عند الحواف والأطراف ، وعلى ذلك يتكون جزء من البتلة من طبقـات البشرة وحدها . والبشرة حلمية ، بها بلاستيدات ملونة أو عصير خلوى ملون ، ولا تحتوى على ثغور أو غدد .



(شكل ١٦٨)

أشكال تخطيطية لتركيب الكربلة تبين اختزال البويضات والتحام واختزال الجهاز الوعائى . أ ــ هـ الخرادل : أ ، هيلليبوراس فيريديس[١]، الخردلة النموذجية ، بهاعدة بويضات ومسيرات ثلاثة ، ب ، تروليياس لاكساس[٢]، عدد البويضـات مختزل ، مسيرات البويضـات المفقودة باقية ، جـ ، اكويليجيا كانادينزيس[٣]، البويضات العليا ومسيراتها مفقودة ، د ، هيدرا ستيس كانادينزيس[٤] جميع البويضات مفقودة فيما عدا البويضتين السفليتين واحداهما غير بالغة ، هـ ، والدشتينيا فراجاريويديس[٥] جميع البويضا ت مفقودة فيما عدا واحدة ، ومسير بويضة أخرى موجود . و ــ س ، الفقيرات : و ــ م البويضة القاعدية ، ن ، س بويضة علوية . كلها لها مسيرات ظهرية وبطنية متحدة عند القاعدة ، وفى بعضها يصل الالتحام حتى البويضة ، التى تظهر متصلة حينئذ بالحزمة الظهرية (و ، ز ، ك ، ل ، م) . و ، حشيشة المبارك المائى (جيم ريفال)[٦]، حيث

---

(١) Helleborus viridies

(٢) Trollius laxus

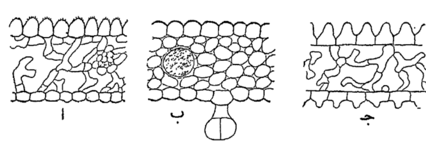
(٣) Aquilegia canadensis

(٤) Hydrastis canadensis

(٥) Waldsteinia fragarioides

(٦) Geum rivale

توجد الاجزاء البعيدة عن قاعدة كل الحزم ، ز ، دوشيسنيا انديكا[١]، الحزم الظهرية والبطنية قصرت للغاية ، ح ، الشليك[٢]، قصرت حزمتها الظهرية للغاية ، ط ، أجريمونيا ستراياتا[٣] فقدت الحزمة الظهرية بعد اتحادها بالحزم البطنية ، ى ، واميران صفير (الشقيق فيكاريا)[٤] الحزم البطنية تتقوس مرة أخرى ، ولا تدخل القلم ، ك ، الشقيق فلاميولا[٥]، قصرت الحزم البطنية للغاية ، ل ، الشقيق كيمبالاريا[٦]، لا تبقى غير آثار من الحزم البطنية ، الحزمة الظهرية قصرت للغاية م ، (الشقيق المائى)[٧] ، الحزم البطنية فقدت بعد البويضة ، تستمر الحزمة الظهرية بصعوبة بعد البويضة ، ن ، عرق الجبار (بوتينتيللا ريكتا)[٨] بويضة واحدة باقية ، والبويضات الاخرى أثرية ، الحزم البطنية غير مختزلة ، ص ، بوتينتيلا الكندية[٩]، بويضة واحدة باقية ، الحزم البطنية بعد البويضة مفقودة . (عن شوت ، مع التصرف البسيط)



(شكل ١٦٩)

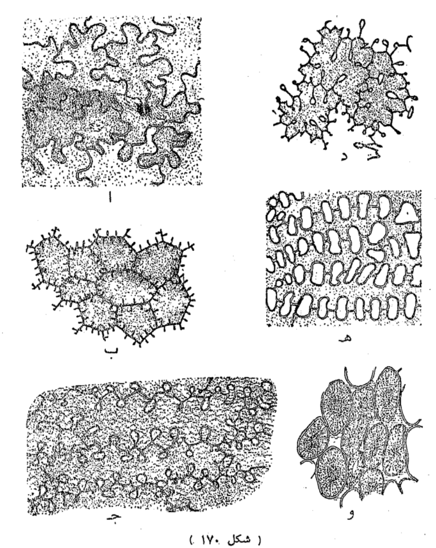
قطاعات عرضية فى البتلات . أ ، أميلانشيير ليفيس[١٠]، ب ، ليسيماشيا نيوميولاريا[١١]بين الشعيرة الغدية والغرفة المفرزة ، جـ ، حشيشة الدهن (بينجويكيولا فالجاريس)[١٢]

السداة والكربلة :

تتكون الأسدية والكرابل أساسا من برنشيمة غير متخصصة ، وتستمر المسيرات داخلها لمسافات مختلفة ، وبدرجات تفرع متفاوتة ، كحزم ضعيفة أو قوية ، مركزية الخشب . ولكن مسير أو مسيرات السداه تصل الى المتك غير متفرعة عادة ، وقد تتلاشى فى أى مكان من الخيط ، وفى بعض الأسدية

---

(١) Duchesnea indica
(٢) Fragaria vesca
(٣) Agrimonia striata
(٤) Ranunculus Ficaria
(٥) R. Flammula
(٦) R. cymbalaria
(٧) R. aquatilis
(٨) Potentilla recta
(٩) P. canadensis
(١٠) Amelanchier laevis
(١١) Lysimachia Nummularia
(١٢) Pinguicula vulgoris



(شكل ١٧٠)

بشرة التويج . ا ، كالكيولاريا(١) ب ، العطر (٢) ، جـ ، كلاركيا (٣) ، د ، آنكوزا (٤) ، هـ ، الكتان (٥) و ، ايرثيثرينا (٦) (عن هيللر)

الغليظة ، كما فى أسدية المانوليا(٧) تشاهد فروع جانبية صغيرة للمسيرات . وربما تصل مسيرات الكرابل الى القلم أو تتفرع بدرجات متفاوتة ، ويشبه تفرع بعضها تعرق الأوراق . كما تتفرع الحزم داخل الميسم غالبا . ويختفى التفرع داخل الكرابل المختزلة ، وتقصر الحزم الرئيسية لفقدان الأجزاء البعيدة فمثلا

---

(١) Calceolaria
(٢) Pelargonium
(٣) Clarkia
(٤) Anchusa
(٥) Linum
(٦) Erythrina
(٧) Magnolia

لا تمتد الحزم البطنية بعد المشيمة وتفشل كل الحزم فى دخول القلم . وفى حالات الاختزال الشديد ، كما فى الفقيرات الصغيرة ، فقد يختزل الجهاز الموصل ويصبح أكبر قليلا من فضلة قاعدية (شكل ١٦٨ م) كما توجد حزم أثرية بكثرة ، وهى عبارة عن البقايا الضعيفة أو الناقصة من المسيرات أو الحزم ، وتمثل النسيج الموصل لأعضاء فقدت أثناء التحور التطورى . وأكثر الحزم الأثرية وجودا هى مسيرات البتلات ، أو الأسدية ، أو الكرابل المفقودة ، وتمثلها زوائد خارجة من العمود الوعائى للتخت كما تخرج المسيرات الطبيعية ولكنها تنتهى دون هدف فى قشرة التخت ، كما تنتهى مسيرات البويضات دون هدف فى المشيمة أو حافة الكربلة (شكل ١٦٨ ب ، هـ) . وتركيب البشرة نموذجى ، وجدر الخلايا مستقيمة عادة ، أدمتها رقيقة ، وتظهر الثغور على الأسدية عندما تتمدد وتصبح شبيهة بالأوراق . وتنتشر الثغور على السطح الخارجى للكرابل وربما ظهرت أيضا فى البشرة التى تبطن التجويف المبيضى .

الثمـــــرة

الشكل الخارجى للثمار :

الثمرة عبارة عن مبيض نام ناضج أو عدة مبايض متجمعة تشترك معها الأعضاء الزهرية المجاورة وأجزاء أخرى من النبات . وتنمو الثمرة من الزهرة مباشرة . وهى لذلك مكونة أساسيا من أجزاء الزهرة ومن أجسام أخرى تكون قد نشأت منها . ويتدرج التركيب الخارجى للثمار من النوع البسيط المكون من كربلة واحدة كما فى القرن [1] الى النوع المعقد كما فى ثمرة الأناناس ، وهى عبارة عن نورة كاملة بما فيها من مبايض وأجزاء زهرية ، وقنابات ومحور النورة كلها ملتحمة فى كتلة واحدة غضة .

يمكن الحكم على التركيب الخارجى للثمرة عموما من الثمرة الناضجة وحدها وعلى الأخص اذا أخذت الصفات التشريحية فى الاعتبار . وقد يظهر شكل بعض الأعضاء العام على الأقل — كالكرابل ، والتخت ، والسبلات ، والقنابات — كما يظهر النسيج الموصل الرئيسى . ورغم امكان التعرف على هذه الأعضاء ،

(١) Legume

الا أنها منتفخة متغيرة الشكل عادة . ويلاحظ أن المصطلحات المستعملة فى وصف الأجزاء الزهرية ، لا تستعمل هنا وتستبدل بها مصطلحات خاصة ، فجسم الثمرة الناشيء من جدار المبيض والذى يغلف البـذرة ويحيط بها ، يسمى الغلاف الثمرى . واذا لم يكن الغلاف الثمرى متجانسا من الناحية النسيجية ، وكان يتميز الى طبقات خارجية وداخلية ووسطى ، تسمى هذه الطبقات الطبقة الخارجية والطبقة الوسطى ، ثم الطبقة الداخلية من الغلاف الثمرى على الترتيب . والغلاف الثمرى متجانس نوعا غير مقسم الى طبقات فى كثير من الثمار ، وفى بعضها الآخر لا يتميز الغلاف الا الى طبقة خارجية وأخرى داخلية . ويشير مصطلح « غلاف ثمرى » على وجه التحديد الى جدار المبيض المتحور ، ويستعمل المصطلح فى الكلام العام للدلالة على الأنسجة الخارجية للثمار بصرف النظر عن أصلها .

نشأة الثمار :

حيث أن الثمرة تنشأ من الزهرة مباشرة ، فان نشأتها تبتدىء بتكون الأجزاء الزهرية التى تشترك فى تركيبها . ويظهر ذلك جليا فى المبيض الذى يتحدد تركيبه الأساسى فى الزهرة . ويقف انقسام خلايا المبيض فى بعض الأجناس ، مثـل الطماطم [١] ، وفاكسينيوم[٢] ، عند تفتح الزهرة . وتنمو الثمرة فى هذه الحالة نتيجة لازدياد حجم الخلايا الموجودة بالمبيض وتخصصها . ولكن الذى يحدث فى معظم الثمار هو أن يتبع فترة الازهار ، انقسام الخلايا فى المبيض وفى أجزاء الثمرة الاضافية . وعملية الاخصاب ثم نمو الجنين لازمتان طبيعيا لكى تبدأ عملية نمو الثمرة . وعلى ذلك تبدأ نشأة الثمرة بعملية الاخصاب .

وتمر الثمار عادة بدورة نمو ثابتة لأى نوع نباتى ، ولكن هذه الدورة مختلفة فى الأنواع المختلفة . وتبدأ الدورة بمرحلة مبكرة من انقسام الخلايا ليتكون التركيب الأساسى للثمرة ، تليها فترة نمو الخلايا وتميز الأنسجة حيث يتم خلالها الشكل النهائى للثمرة ، تليها فترة نضج الثمرة . وقد تتداخل هذه المراحل نوعا ، كما أنها مرتبطة عادة بمراحل نمو الأندوسبرم وأغلفة البذرة والجنين .

---

(١) Lycopersicum

(٢) Vaccinium

وقد تختفى عدة أعضاء أو أجزاء من الأعضاء أثناء نشأة الثمار ، فزهرة جوز الهند[١] مثلا ، تحتوى على مبيض ثلاثى الكربلة ، ثلاثى الحجرات تنمو منها كربلة واحدة فقط أثناء تكون البندقة الناضجة . وتكون الكرابل التى لا تنمو جزءا من الطبقة الداخلية للغلاف الثمرى .

يحدد شكل الثمرة مكان ومعدل انقسام الخلايا ، ومستوى هذا الانقسام ، وكذلك اتجاه استطالة الخلايا النامية . ويوجد فى بعض الثمار ، كما فى البلح ، نسيج انشائى قاعدى يساعد على تكون ثمرة طويلة . ويرتبط النوع الطويل من بعض الثمار القرعيـة بقصر انقسام معظم الخلايا الانشائية فى المسـتوى العمودى على محور الثمرة واستطالة أغلب الخلايا الناشئة فى اتجاه المحور .

تركيب الثمار

العمود الوعائى للثمار :

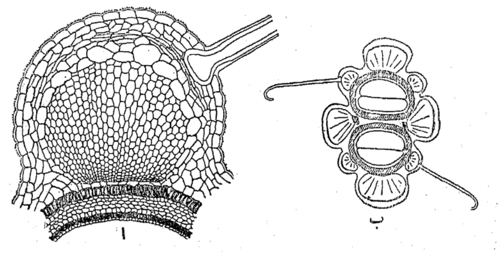
الجهاز الوعائى الرئيسى للثمرة هو نفس الجهاز الموجود بالأجزاء الزهرية التى نشأت منها الثمرة ولكنه يقوى ويمتد كلما نمت الثمرة ، ويزداد قطر الحزم بالنمو الابتدائى أو الثانوى ، أو بكليهما معا ، ويساعد على تمدد الحزم نموها الطرفى الابتدائى واضافة فروع اليها تمتد خلال الأنسجة النامية . ومع ذلك فالجهاز الوعائى الرئيسى لثمرة ما ، رغم اختفائه بظهور الفروع ، يظل أساسا مشابها لما هو عليه بالزهرة . فهناك على سبيل المثال ، عشر حزم أساسية بزهرة التفاح ، بالاضافة الى الحزم التى تغذى الكرابل . والحزم الأولى عبارة عن الجهاز الوعائى الموصل للسبلات والبتلات والأسدية . وتظهر هذه الحزم بالثمرة، فى نفس موضعها بالزهرة نسبيا ، ولكنها أكبر منها بكثير ، هذا بالاضافة الى جهاز متفرع يمتد الى كل الأجزاء اللحمية الخارجية . وتمتد الفروع الصغرى خلال الأنسجة اللحمية كما تمتد الحزم الصغرى بالورقة خلال النسيج المتوسط ويلاحظ أن الفروع النهائية رقيقة للغاية مثل مثيلاتها بالورقة ، وهى مكونة من عناصر قليلة معظمها من خلايا الخشب الأول يصاحبها عدد قليل جدا من

(١) Cocos nucifera

خلايا البرنشيمة المستطيلة . وهذه الحزم الدقيقة أكثر عددا بالغلاف الثمرى للثمار الغضة عنها بالغلاف الثمرى للثمار الجافة .

بشرة الثمار :

تشبه خلايا البشرة على سطحى الكربلة الداخلى والخارجى خلايا البشرة بالسوق والأوراق من حيث الشكل ، وتركيب الجدار ، ووجود الأدمة والثغور . والبشرة الداخلية أكثر رقة من الخارجية ، ولها أدمة رقيقة عادة وربما وجدت بها ثغور . وأغلب خلايا البشرة متساوية الأقطار ، مضلعة ، كما فى الفصيلتين الوردية والزنبقية . والخلايا متعرجة ، مفصصة متداخلة فى الفصيلة الشقيقية ، والفصيلة الشحصية وبعض الفصائل الأخرى ، كبشرة كثير من البتلات وبعض الأوراق . وتكون الخلايا مضلعة ، صغيرة جدا ، جدرها رقيقة نوعا فى الثمار اللبية وبعض الثمار الحسلية ، وربما فى غيرها من الثمار الغضة كما فى روبس[١] والعنب . وتكون خلايا البشرة فى كثير من الثمار الأخرى غليظة الجدران غليظة الأدمة ، وقد تحتوى على التانين فى أطوار النمو المبكر . ويختلف عدد الثغور فى بشرة الثمار ، فقد يكون كبيرا ، كما فى الكمثرى ، وقد تنعدم ، كما فى العنب وفاكسنيوم[٢].



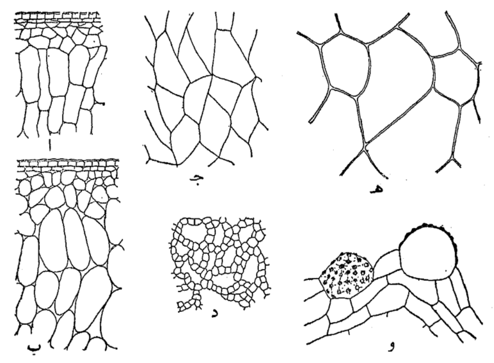
(شكل ١٧١)

ثمرة سرسيا لاتيفوليا[٣] الجافة . ا ، تفاصيل جزء من القطاع العرضى فى الثمرة بأكملها ، مبينا الغلاف الثمرى بطبقاته المختلفة ، والحافة المكونة من نسيج فلينى ثانوى والشعيرات الكبيرة الصلبة .

(١) Rubus
(٢) Vaccinium
(٣) Circaea latifolia

أنسجة الفلين بالثمار :

تتكون طبقة من الأنسجة الفلينية فى البشرة أو تحتها مباشرة ، بقليل من الثمار من نوع التفاحية كالتفاح الحامضى والكمثرى وأكراس[١] وكالوكاربم[٢] وتظهر على سطح الثمرة الناضجة كطبقة خشـنة بنية اللون . ويظهر النسيج الفلينى محدودا على شكل عديسات فى التفاح والكمثرى فيكون نقطا على سطح الثمرة . ويكثر وجود الحواف الفلينية والعقد — وهى أنسجة فلينية محدودة — على سطح الثمار الجافة كما فى سيرسيا[٣] (شكل ١٧١) .



(شكل ١٧٢)

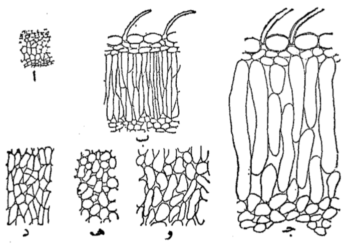
الغلاف الثمرى اللحمى ، أ ، ب ، نضج الغلاف الثمرى الخارجى لثمرة القراصيا[٤] (صنف مونتيمورينسى) ، ج ، الغلاف الثمرى اللحمى الناضج لثمرة القراصيا (صنف موريللو)[٥] د ، الغلاف الثمرى اللحمى « الجاف » لثمرة العناب[٦] هـ ، الغلاف الثمرى اللحمى لثمرة البطيخ[٧] و ، الغلاف الثمرى الخارجى وبشرة ثمرة فليركيا[٨] ، وتظهر بعض خلايا البشرة وبها تغلظات مركزية ظاهرة

---

(١) Achras
(٢) Calocarpum
(٣) Circaea
(٤) Prunus Cerasus (var. Montmorency
(٥) P. Cerasus (var. Morello)
(٦) Zizyphus-''jujube''
(٧) Citrullus
(٨) Floerkia

الثمار اللحمية (الطرية) :

يتكون جزء كبير من الثمار اللحمية من برنشيمة طرية ، فى حين تتكون الثمار الجافة من كميات مختلفة من خلايا اسكلرنشيمية وبرنشيمية غير طرية ، وقد يكون كل الغلاف الثمرى بالثمار اللحمية طريا (وهو هنا عبارة عن الأنسجة المغلفة لفجوات البذور بصرف النظر عن طبيعة تركيبها) ، أو تكون الطبقات الخارجية منه طرية والداخلية جافة حجرية . وقد تكون الطبقة اللحمية متجانسة ، كما فى التفاح ، والخوخ ، والكريز (شكل ١٧٢ أ ، ب) ، أو يتكون الغلاف الثمرى من خليط من البرنشيمة الطرية والخلايا الحجرية بنسب متفاوتة ، كما فى الكمثرى، والسفرجل ، والجوز . وتتكون الأنسجة اللحمية عادة من خلايا برنشيمية رقيقة الجدران ، منتفخة بعض الشيء بالسوائل ، وتحتوى بعض الخلايا على التانين كما فى ديوسبيروس [١] ، أو تحتوى على البلورات الابرية ، كما فى بعض أنواع العنب . وتوجد فى بعض الثمار خلايا تحتوى على المخاط كما فى قشرة الموز . وتتميز قشرة الموالح بوجود غدد انقراضية كما يكثر وجود قنوات اللبن النباتى فى ثمرة البابابظ [٢] .



(شكل ١٧٣)

الغلاف الثمرى اللحمى . أ ، ب ، جـ ، مراحل متتابعة فى نمو الطبقة الخارجية من الغلاف الثمرى لثمرة روبس ستريجوسس [٣] : أ ، الثمرة الخضراء عقب الاخصاب مباشرة ، ب ، ثمرة نصف ناضجة ، جـ ، ثمرة ناضجة ، جميع القطاعات مارة بالمركز متساوية الحجم . د ، هـ ، و ، التخت اللحمى لثمرة الشليك [٤] . د ، ثمرة نصف ناضجة ، قطاع مار بالمركز ، هـ ، و ثمرة ناضجة ، القطاع الاول مماسى والثانى مار بالمركز

(١) Diospyros

(٢) Carica

(٣) Rubus strigosus

(٤) Fragaria

وتوجد مجموعات من الخلايا الحجرية بكثرة فى الطبقات اللحمية ، تعطى اللحم ملمسا خشنا أو رمليا . وتخرج من مركز هذه المجموعات ، خلايا برنشيمية مستطيلة ، فى جميع الاتجاهات ، كما فى بيراس سيروتينا[1] وقد تكون الخلايا الحجرية متساوية الأقطار أو غير منتظمة الشكل .

ويختلف تركيب لب ثمار الموالح عن معظم الثمار ، فيتكون من عدة زوائد عديدة الخلايا نامية من الطبقات الداخلية السطحية للكرابل . وتنتفخ خلايا هذه الزوائد بالسائل كما تملأ الزوائد تجاويف الكرابل .

والغلاف الثمرى اللحمى اما متجانس تماما أو يحتوى على أكثر من نوع من الخلايا . وهناك عادة عدة طبقات محدودة نوعا ، وفى بعض الثمار اللبية تتحدد البشرتان الخارجية والداخلية والطبقات اللحمية فقط ، كما فى ثمار الفصيلة الباذنجانية (الطماطم والكريز الأرضى) . ويكثر وجود نسيج تحت البشرة أسفل البشرة الخارجية ، وهو مكون من عدة طبقات من الخلايا . وخلايا هذا النسيج برنشيمية بسيطة ، كما فى روبس[2] (شكل ١٧٣ ب) ، أو كولنشيمية ، كما فى القراصيا[3] وبيرسيا[4] أو خلايا حجرية ، كما فى الكمثرى[5] ، أو خليط من الأنواع السابق ذكرها . وهناك اختلاف كبير فى حجم وشكل الخلايا فى الطبقات المختلفة وخلايا البشرة وتحت البشرة صغيرة عادة اذا قورنت بخلايا الطبقة اللحمية الوسطى .

وتشمل عملية نضج الثمار اللحمية تغيرات فى التركيبين الكيميائى والعام ومن الناحية الكيميائية ، يتحول النشا المختزن الى سكر ، أو الى دهن فى بعض الأنواع ، وتختزل كمية التانين أو تختفى ، كما تختزل كمية الأحماض عادة وتتكون استرات منوعة . ومن الناحية النسيجية ، قد يشمل النضج زيادة حجم الخلايا وتغير شكلها فتصبح منتفخة بالسائل ، وتزداد الجدر رقة ، كما تنفصل الخلايا بعضها عن بعض بدرجات متفاوتة . وأحيانا يتم انفصال الخلايا بعضها عن بعض وما زالت الثمرة فجة (شكل ١٧٣ د ، هـ) مما يؤدى الى زيادة المسافات البينية . وتكون هذه المسافات البينية حوالى ٢٥٪ من حجم ثمرة التفاح عند

(١) Pyrus serotina
(٢) Rubus
(٣) Prunus cerasus
(٤) Persea
(٥) Pysus communis

اكتمال نضجها . ومما يساعد على انفصال الخلايا ، ذوبان الصفيحة الوسطى وجذر الطبقات الخارجية (التى تكون غليظة للغاية فى بعض النباتات كما فى كراتيجس[١]) ويقال ان السائل الذى يملأ خلايا اللحم ينتج من تكون مزيد من المواد الذائبة ، والأحماض العضوية ، ومن تحلل مواد مختلفة مثل النشا ، وحامض البكتيك والمواد السليلوزية ، أو التى تنتج أثناء نضجها ، حتى لو كانت الثمرة تامة النضج . وقد توجد كمية قليلة من السائل ، توجد حرة بين الخلايا ، نتيجة لذوبان الصفيحة الوسطى ، ولكن السائل الحر الذى يظهر على فتحة الثمار اللينة هو فى الغالب سائل بينى يخرج نتيجة لتمزق الجدر الرقيقة للخلايا المنتفخة . ويكفى لتحطم هذه الخلايا قليل جدا من الضغط ، أو أحيانا تغير الضغط بالأنسجة الناتج من تمزق البشرة .

ويمكن تصنيف الثمار الى مجموعتين على أساس معدل الزيادة فى الحجم بالأطوار النهائية للنضج ، فيكون النمو سريعا فى مجموعة منها عند نهاية النمو حيث الزيادة كبيرة فى أيام قليلة ، وربما فى ساعات أحيانا ، رتشمل هذه المجموعة الكريز وتوت العليق[٢] وينتج النمو السريع غالبا من زيادة حجم الخلايا فى الاتجاه القطرى وتكون مسافات بينية بين الخلايا المنفصلة ، وتستطيل الخلايا المتساوية الأقطار فى الاتجاه المماسى بالثمرة النامية عادة ، وعند نضج الثمرة ، تعود نفس الخلايا متساوية الأقطار مرة أخرى ، واحيانا تستطيل بسرعة فى النهاية بالنمو السريع جدا كما فى معظم الثمار (شكل ١٧٣ أ ، ب ، ج) .

وتصل الثمار بالمجموعة الأخرى ، الى الحجم النهائى قبل نضجها وربما انكمشت قليلا بسبب فقدها الماء أثناء عملية النضج . وهذا ما يحدث فى التفاح والكمثرى والبرقوق وكثير غيرها من الثمار التى تعتبر ناضجة عند جمعها ولكنها تحتاج الى أيام أو أشهر قبل نضجها من حيث صلاحيتها للأكل . وفى خلال الفترة بين النضج والصلاحية للأكل تحدث تغيرات فى الصفيحة الوسطى وفى الجدار الخلوى ينتج عنها انفصال الخلايا بسهولة . وتعتمد صناعة الفاكهة على الخبرة أثناء جمع الثمار عندما تكون ناضجة ولكنها ما زالت متماسكة ، ونقلها الى الأسواق قبل أن تنضج وتصبح طرية .

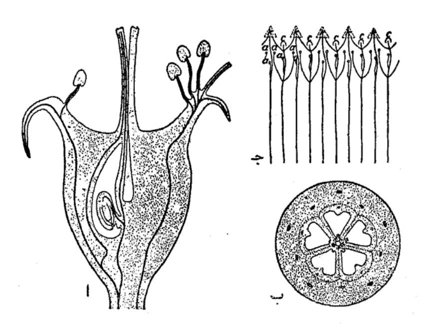
---

(١) Crataegus

(٢) raspberry

وتؤدى عملية النضج الى تهرؤ الثمار وتفتتها ، فتنفصل الخلايا عن بعضها البعض ، فى التفاح والكمثرى ، وتصبح الثمرة لينة أو تشبه المسلوقة . وتتفتت الجدر الخلوية فى بعض الثمار الطرية وتخرج عصيرها . ويتبع الأطوار المبكرة لتهرؤ معظم الثمار تعفن فطرى أو بكتيرى يتلف الثمرة .

يرتبط الاختلاف فى ملمس الثمـــار اللحمية بتركيبها . وعلى ذلك يعتمد ملمس التفاح على انتفاخ الخلايا المتماسكة نوعا ما . والخلايا الكبيرة فى الخوخ والأنواع الممتازة من الكمثرى ، رقيقة الجدران ، تتكسر بســهولة وتخرج محتوياتها ، فتعطى الثمرة لحما طريا وكمية وافرة من العصـــير . وتتهرأ خلايا اللحم فى بعض الثمار الزبدية أو الكريمية القوام ، عندما تصبح الثمرة صالحة للأكل ، وكما فى الباباو (أسيمينا) [١] والكاكى (ديوسبيروس) [٢] والملمس الحبيبى الذى يميز بعض أنواع الكمثرى ناتج من مجموعات من الخلايا الحجرية تحت البشرة أو مبعثرة فى اللب . كما يؤدى وجود كتل من الاسكلرنشيمية



(شكل ١٧٤)

الجهاز الوعائى لزهرة مالس بيوميلا [٣] أ ، قطاع طولى ، ب ، قطاع عرضى فى الوسط ، جـ ، الجهاز الوعائى ، ناقصا الحزم الكربلية ، منتشر فى مستوى واحد – a, b, c ، حزم السبلات والبتلات والاسدية على الترتيب (جـ ، عن كراوس ورالستون)

---

(١) Asimina

(٢) Diospyros

(٣) Malus pumila

فى الطبقات الخارجية الى ثمرة ذات قشرة صلدة كما فى أنواع القرع [١] . ويؤدى وجود الأدمة الغليظة مع الكولنشيمة الى خشونة الطبقات الخارجية لبعض أنواع ثمار الزبدية[٢] . وملمس اللحم خشن نوعا ما وفوامه جاف ، فى بعض الثمار مثل جولتيريا [٣] والنبق [٤]وذلك لوجود كثير من الغرف الهوائية باللحم وكمية قليلةقليلة من المحتوى المائى (شكل ١٧٢ د) .

الطبقة الحجرية فى الثمار :

تحيط الطبقات اللحمية الخارجية بطبقة صلدة أو حجرية ، فى كثير من الثمار وخصوصا الحسلية . وتكون الطبقات اللحمية والحجرية جدار المبيض أو الغلاف الثمرى فى الثمار الحسلية البسيطة مثل البرقوق والكريز .وتشترك أعضاء زهرية أخرى غير المبيض فى تكوين الغلاف الثمرى للثمار الأخرى . وتنشـأ الطبقة الحجرية من الكرابل ، حيث أنهـا تلى تجاويف البذور عادة ، فى معظم الثمار الحسلية . وتتكون البطبقة الصلدة من الخلايا الحجرية والألياف عادة ، ولكنها قد تكون غضروفية ، كما فى التفاح والكمثرى ، أو خشنة جلدية كما فى المانجو . وقد يكون السطح الخارجى لهذه الطبقة ناعما ، كما فى أنواع المشمش ، أو تمتد منها شـعب من النسـيج الصلد داخل اللب الطرى كما فى برقوق أسـبانيا (سبوندياس)[٥] ، أو تخرج منها زوائد تشبه الشعر الخشن كما فى المانجو[٦] .

وتنمو الطبقة الحجرية أثناء الأطوار المبكرة لنمو الثمرة ، وتصل الى حجمها النهائى عادة وتصبح ملجننة قبل أن يبدأ الجنين نموه السريع . ويتأخر نمو الجنين أسـابيع حتى يكتمل نمو الطبقات الحجرية فى ثمـار الجوز [٧] والباباظ [٨] والقراصيا [٩] . وواضح أنه لا يمكن أن يتغير حجم هـذا الجزء من الثمرة بعد تلجنن هذا النسيج . وتتكونالطبقة الحجرية عامة منبشرة داخلية للغلاف الثمرى والغلاف الثمرى الداخلى . وتتميز هـذه الطبقة عادة الى طبقتين أو أكثر من الاسكلرنشيمة التى تختلف عن بعضها البعض فى شكل الخلايا وترتيبها . فخلايا

(١) Cucurbita
(٢) Persea
(٣) Gaultheria
(٤) Zizyphus
(٥) Spondias
(٦) Mangifear
(٧) Juglans
(٨) Carya
(٩) Prunus

الطبقة الداخلية التى تلى أغلفة البذور فى القراصيا مستطيلة عموديا على محور الثمرة أما خلايا الطبقة الخارجية فمستطيلة موازية للمحور . ويظهر أن هناك اختلافا واضحا فى نوع وترتيب الخلايا وعدد طبقات الغلاف الثمرى الداخلى الحجرى بالأنواع المختلفة .

الثمار الجافة :

تتشـــابه الثمار الجافة والثمار اللحمية فى التركيب الرئيسى أثناء الأطوار المبكرة من النمو ، وذلك لأن انســجتها الانشائية تتكون من برنشيمة طرية . ونظام التركيب واحد فى كلا النوعين وخصوصا الجهاز الوعائى .وتشبه ثمار اللوز أساســا ثمار الخوخ خلال جميع الأطوار المبكرة من نموها ، والخلاف أثناء فترة النضج الأخيرة حيث تصبح الطبقة الخارجية للغلاف الثمرى جافة فى اللوز فى حين أنها لحمية فى الخوخ كما تنشق بطول التدريز لتساعد على خروج البندقة وهى عبارة عن الطبقة الداخلية الحجرية من الغلاف الثمرى والبذور التى بداخله. ويقع الخلاف الرئيسى بين هذه الثمار فى التغيرات التى تظهر أثناء الأطوار المتأخرة من تميز الخلايا وخصوصا أثناء الفترة النهائية لنضج الثمرة .

وتتضح نسبة عالية من الخلايا بالثمار الجافة ، وتتحول الى اسكلرنشيمية متعددة الأنواع . وتفقد الخلايا البرنشيمية بروتوبلازمها أثناء عملية النضج ، وتصبح جافة ، كما تتلجنن جدرها عادة أو تتسوبر .

والطبقات الثلاث المميزة للغلاف الثمرى أكثر ظهورا فى الثمار الجافة .فيكثر وجود الاسكلرنشيمة والبروزنشيمة الجافة عنه بالثمار اللحمية . والبروزنشيمة وتختلف هذه الطبقات الثلاث فى تركيبها وامتدادها فى الثمار المختلفة،فقد تكون اسكلرنشيمية أو برنشيمية ، كما تختلف ثخانتها من طبقة واحدة الى عدة طبقات وقد تكون الخلايا البرنشيمية متلاصــقة تماما ، أو متباعدة بينها مسافات بينية واضــحة . وتتكون الخلايا الاســكلرنشيمية من ألياف مختلفة الأنواع وخلايا حجرية . والطبقة الخارجية من الغلاف الثمرى فى غاية التعقيد غالبا ، فتتكون من طبقات متتالية من أنواع مختلفة من الاسكلرنشيمة ، كما توجد معها أحيانا طبقات من البرنشيمة مختلفة الأشكال والأنواع والترتيب . وواضح أن مثل هذا التركيب دعامة قوية للغاية . ويوجد فى كثير من الثمار نوع من الغلاف الثمرى،

يتكون أساسا من أربع طبقات ، كما فى فقيرات الفصيلة المركبة ، حيث تتكون الطبقة الوسطى من جزئين .

وتتقلص البرنشيمة الرقيقة الجدران ، بدرجات متفاوتة ، أثناء جفاف الثمرة الناضجة . واذا كانت الثمرة علبةمحكمة رقيقةالجدران ، كما فى الفصيلةالقرنفلية، تكونت غالبية الغلاف الثمرى من خلايا برنشيمية،متينة الجدران ، محكمة الترتيب حتى لا تتقلص عند جفافها .

وتحتوى الثمار الجافة على أنواع مختلفة من « الأجزاء الاضافية » ، مثل الحواف الفلينية ، والأشواك ، والخطاطيف ، والشعيرات ، وأنواع مختلفة من «الزركشة» . وتكونشعيراتالبشرة الداخلية لثمرة سيبا[١] أو القطنالحريرى[٢] المتداول فى التجارة ، كما يتركب جزء الغلاف الثمرى الذى يكون الجناح فى الثمار المجنحة مثل ثمار آسر[٣] وأيلانثاس[٤] من جسم خفيف صلد . والخلايا الدعامية فى هذه الثمار مكونة أساســا من الحزم الوعائية وأغلفتها الليفية ، والنسيج بين هذه الحزم مفكك عادة ، وبه مسافات بينية .

المشيمة :

تكون المشيمة المنتفخة فى كثير من الثمار ، خصوصا اللحمية ، تكون جزءا لا بأس به ، وأحيانا جزءا كبيرا ، من الثمرة كما فى الطماطم والبطيخ . كما تكون المشيمة كبيرة لحمية تشبه اللبية ، فى بعض الثمار الجافة ، كما فى الثمرة العلبية لزهرة مايو[٥] . (المشيمة ، بالطبع ، جزء من الكربلة ولا تعتبر جزءا من الغلاف الثمرى عادة) . وتتكون المشيمات اللحمية من كتل من البرنشيمة الطرية ، الرقيقــة الجــدران ومن الحزم الوعائية . والخلايا البرنشيمية كبيرة ، يمكن رؤيتها أحيانا بالعين المجردة كما فى البطيخ (شكل ١٧٢ هـ) .

الأجزاء الثانوية بالثمرة :

للثمرة اللحمية ، التى تحتوى على أجزاء ثانوية بخلاف الكربلة ، نفس التركيب النسيجى العام مثل الثمرة البسيطة اللحمية . وتختلف الأجسام الثانوية

---

(١) Ceiba
(٢) Bombax - Kapok
(٣) Acer
(٤) Ailanthus
(٥) Epigaea

ولكن بعض الأجزاء الزهرية تصاحبها عادة . وتلتصق «أنبوبة الكأس» بالكرابل وتكون جزءا من الثمرة ، فى كثير من الثمار ، مثل الكمثرى وفاكسينيوم [١] وثمار الفصيلة القرعية التى تنمو من مبيض سفلى . (تتكون « أنبوبة الكأس » من الناحية الشكلية من القواعد الملتحمة للكأس والتويج ، والأسدية) . ويكون التخت اللحمى ، جزءا كبيرا من بعض الثمـار كما فى التـوت الشوكى [٢] والشليك [٣] . ويقال ان جزءا كبيرا من لب الشليك ينمو من نسيج انشائى قشرى شبيه بالكمبيوم الفلينى . وتوجد الأسطوانة الوعائية والنخاع المتسع داخل اللب . كما يكون التخت جزءا لا بأس به من الثمرة المركبة التى تنشأ من نورة كاملة ، كما فى الأناناس[٤] ، وثمرة شجرة الخبز (أرتوكارباس) [٥] والتوت[٦] ، ويصبح التخت لحميا ، مع فصـوص الكأس الملتحمة ، وكذلك القنابات التى تحمل الأزهار . وثمرة التين أو الجميز[٧] عبارة عن نورة تلتحم فيها الحوامل الزهرية حـول فجوة مركزية ، ويتكون غالبية لحم الثمرة من الأنسجة القشرية للحوامل الزهرية .

تفتح الثمار :

تختلف الطريقة والمكان الذى تتفتح منه الثمار الجافة ، ولكنها ثابتة ومميزة لكل نوع . ويبدو أنه لا يوجد جسم نسيجى خاص مرتبط بتفتح الثمرة فى كثير من النباتات . ويتم تفتح الثمرة على طول التـداريز ، وهى خطوط تمثل نقط ضعف بالثمرة . وخطوط التفتح عبارة عن حواف اتصال الكرابل عادة ، حيث الالتحام غير تام . كما يتكون خط فاصل ، فى النباتات الأخرى ، نتيجة لنمو صفوف من خلايا خاصة ضعيفة التماسك مع بعضها البعض . ويتم الانفصال بين هذه الصفوف فيما بعد ، بتمزق الأنسجة وانفصالها عن بعضها البعض أثناء تغير الضغط الناتج من الجفاف . ويصاحب نمو وتخصص هذه «الخلايا الفاتحة» نمو وتخصص الخلايا الأخرى بالثمرة ، بعكس ما يحدث أثناء تكون الطبقات الفاصلة فى الأوراق والسوق ، والتى تتبع نمو وتخصص الخلايا العادية بعد

---

(١) Vaccinium
(٢) Blackberry
(٣) Strawberry
(٤) Ananas
(٥) Artocarpus
(٦) Morus
(٧) Ficus

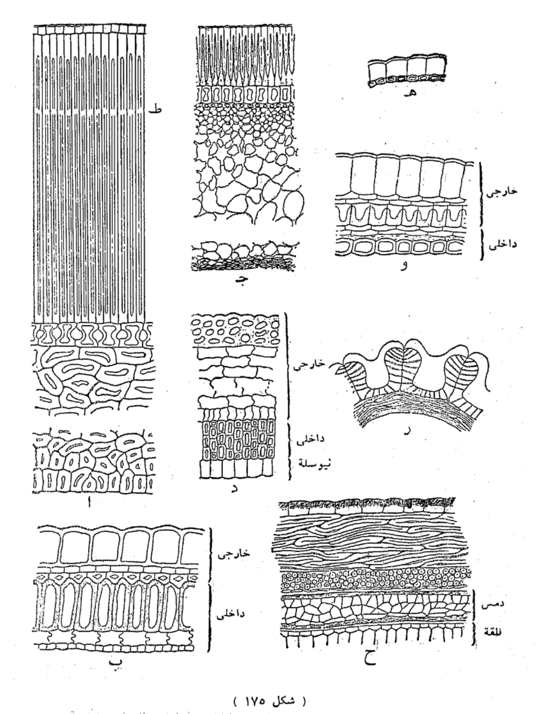
فترة طويلة . ويظهر أن التفتح غير ناتج من انفصال خلايا فردية عادية ، كما فى عملية الانفصال ، أو كما فى تفتت الأنسجة . ويبدو أن الصفائح الوسطى التى على طول خطوط التداريز المتكونة من قبل ، تذوب فى بعض الثمـار نصف اللحمية المتفتحة ، كما فى ثمار البابا ظ . وتتفتح الثمرة على طول هذه الخطوط أثناء جفافها . وربما أدت القوى التى تنشأ من النمو غير المتكافىء ، أو من الجفاف ، الى تمزق فجائى ، وربما أدت الى انفجار الثمرة أحيانا على طول خطوطها الضعيفة .

البـــذرة

البذرة عبارة عن البويضة النامية الناضجة وجنينها الموجود بداخلها . وتتكون البويضة قبل عملية الاخصاب من الكيس الجنينى والنويسلة وغلاف أو غلافين للبويضة . وهى بسيطة من الناحية النسيجية مكونة من برنشيمة ، فيما عدا بعض الحالات ، حيث يوجد قليل من خلايا الكمبيوم الأولى ، أو الخلايا الوعائيـة . وينمو الاندوسبرم بعد الاخصاب ، ثم ينمو الجنين بعد ذلك بسرعة داخل البويضة النامية ، كما تنمو أغلفة البويضة وتنعقد أنسجتها . وقد يستمر بقاء النويسلة فتنمو فى الحجم وتصبح جزءا هاما من البذرة ، كما فى البنجر ، ولكنها تفشل عادة فى النمو ، وسرعان ماتتلاشى بنمو أنسجة أخرى مكانها . ويكون الأندوسبرم فى كثير من النباتات جزءا لا بأس به من البذرة الناضجة ، ولكنه غالبا ما يمتص جزئيا أو كليا بوساطة الجنين النامى . (كثير من البـذور التى توصف أنهـا لا اندوسبرمية بها كميات ضئيلة من الأندوسبرم) . والتركيب النسيجى لكل من الاندوسبرم والجنين بسيط مثل ما فى البويضة ، ولكن التركيب النسيجى لأغلفة البذرة معقد .

اغلفة البذرة (الشكل الخارجى) :

يوجد للبذرة غلاف بويضة واحد أو غلافان ، فى المجموعات المختلفة من النباتات البذرية . ومعظم ملتحمة البتلات وعديمة البتلات وبعض عديدة البتلات من ذوات الفلقتين ، تحتوى بذرتها على غلاف بويضة واحد ، وكذلك الحال



(شكل ١٧٥)

اغلفة البذرة . ا ، جيمنوكلاداس دايوبيكا(١) (ويظهر خمس الطبقة الحجرية الداخلية فقط) ، ب ، البانسيه(٢) ، جـ ، فاصوليا متعددة الزهور(٣)(يظهر ثلث الطبقة الطرية الداخلية فقط) ، د ،

---

(١) Gymmocladus dioica (٢) Viola tricolor

(٣) Phaseolus multiflorus

مانوليا كبيرة الاوراق[١]، يظهر جزء من الطبقة اللحمية فقط ، هـ ، آذان الكبش[٢]، و ، حب الرشاد[٣]، ز ، فاكسينيوم كوريمبوزام[٤]، خلايا البشرة كبيرة جدا ، جدرها الداخلية غليظة ، والخارجية رقيقة ، ح ، مالس بيوميلا[٥]، ف ، فلقة ، أ ، اندوسبيرم ، د ، غلاف البويضة الداخلى خ ض ، «خط ضوئى» ، ن ، نويسلة ، خ ، غلاف البويضة الخارجى . (ب ، د ، هـ ، و ، عن برانزا).

فى جزء من ذوات الفلقة الواحدة . وفيما عدا ذلك من كاسيات البذور ، تحتوى البذرة على غلافى بويضة ، وأحيانا يدخل كل غلاف البويضة أو كل أغلفتها فى تركيب البذرة (شكل ١٧٥ ب) ، ولكن غلاف البذرة ينمو من جزء من أغلفة البويضة فى معظم البذور ، وتمتص البذرة الأجزاء الأخرى أثناء نموها . واذا حدث هذا الامتصاص ، تختفى الطبقات الداخلية أو أحيانا الطبقات الوسطى من غلاف البويضة . وسواء نمت أغلفة البويضة كوحدة كاملة ، أو جزئيا ، فقد تشترك النويسلة فى أغلفة البذرة ، ولا يمكن تمييزها الا بصعوبة من الطبقات الداخلية المجاورة لغلاف البويضة (شكل ١٧٥ د) . ومع ذلك ، ففى معظم البذور ، على الأرجح ، تمتص النويسلة كلية ، ولا تظهر بالبذرة . ويستمر اختزال الأنسجة الغلافية الى أبعد الحدود فى بعض البذور ، خصوصا فى الثمار غير المتفتحة ، حيث تبقى الطبقتان أو الثلاث طبقات الخارجية فقط — وأحيانا لا يتبقى سوى البشرة الخارجية — من الغلاف الخارجى للبويضة بالبذرة الناضجة ، كما فى الفصيلة الخيمية . ويبلغ الاختزال أقصاه فى بعض أفراد الفصيلة المركبة حيث تختفى كل أغلفة البويضة بالفقيرة الناضجة فيما عدا طبقة رقيقة من نسيج غير منتظم ممزق (شكل ١٧٧ ب) ، وكذلك تختفى الطبقات الداخلية للغلاف الثمرى فتظهر الفقيرة وبها أنسجة البذور وأنسجة الثمرة ملتحمة بعضها ببعض التحاما وثيقا ولا يمكن فصلهما عن بعضهما . كما تمتص أغلفة البويضة كلية فى بذور بعض ذوات الفلقة كما فى الذرة .

وتظهر حالات متباينة بالبذرة عندما يكون للبويضة غلافان . فقد يوجد الغلافان بأغلفة البذرة — الداخلى ، ممثلا بكل طبقاته الخلوية ، والخارجى بكل طبقاته أو الطبقتين أو الطبقات الثلاث الخارجية منه . ويكون غلاف

---

(١) Magnolia macrophylla

(٢) Plantago lanceolata

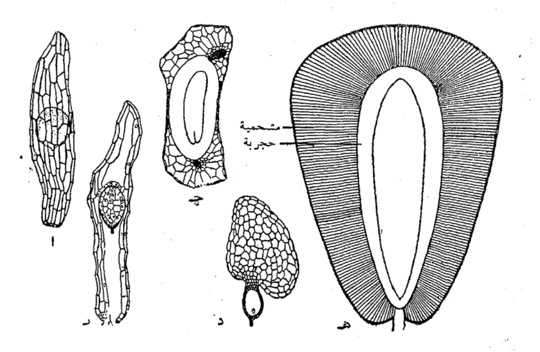
(٣) Lepidium sativum

(٤) Vaccinium corymbosum

(٥) Malus pumila

البويضة الداخلى ، فى هذه البذور ، الجزء الهام من غلاف البذرة ، ويكون جزؤه الخارجى الطبقـة الواقية (شكل ١٧٥ ب) - وتوجد هذه الحالة فى الفصائل الخبازية والزيزفونية والبنفسجية والهيبريكية[١] وغيرها من الفصائل .

وأيضا ، عندما يوجد غلافا البويضة فى البذرة ، ينمو الخارجى نموا ظاهرا ، وتظهر به طبقات واقية ، ولا يظهر على الغلاف الداخلى تخصص واضـح رغم تعدد طبقاته (شكل ١٧٥ و) . ويوجد هـذا التركيب بأغلفة بذرة الفصـيلة



(شكل ١٧٦)

أنواع البذور . أ ، ب ، سايبريبيديام بارفيفلورام[٢] : أ ، تبين البذرة غلافها الشفاف محيطا بالجنين (المنقط) المعلق فى كيس هوائى ب ، قطاع طولى فى البذرة مبينا غلاف البذرة مكونا من الحبل السرى وغلاف البويضة الخارجى ، وغلاف البويضة الداخلى منكمشا ومكونا غلافا يحيط بالجنين ، كما يظهر الجنين المعلق كتلة من الخلايا غير مميزة . جـ كليثرا آلنيفوليا[٣] ، قطاع طولى مبينا الجنين أكثر تميزا عنه فى ب ، وغلاف البويضة ثخانته عدة صفوف من الخلايا ولكنه غير متميز الى طبقات ، د ، بتيروسبورا اندروميديا[٤] تبين البـذرة الجناح مكونا من غلاف البويضة ، هـ ، الرمان[٥] تبين البذرة غلاف البويضة الخارجى مكونا من طبقة حجرية وطبقة البشرة اللحمية مكونة من خلايا طويلة للغاية ، غلاف البويضة الداخلى شفاف وغير ظاهر بالشكل . (أ ، ب ، عن كارلسون ، جـ ، د من نيتوليتسكى ، جـ ، عن بيلتريسوت ، د ، عن بيبون ، هـ ، عن تونج)

---

(١) Hypericaceae

(٢) Cypripedium parviflorum

(٣) Clethra alnifolia

(٤) Pterospora andromtdia

(٥) Punica granatum

الصليبية ، والبربريدية [١] ، والخشخاشية [٢] ، وبعض أنواع خاصة من الزنبق ، والسوسن،ويكون غلافا البويضة طبقات ملجننة واقية فى الفصائل الأوناجرية [٣] والليثيرية [٤] ، والأريستولوخية [٥] وفصائل أخرى . كما تشترك الطبقات الخارجية على الأقل مع النويسلة فى أغلفة البذرة . كما يصبح غلاف البويضة الداخلى ، غلاف البذرة الواقى مع جزء متصل به من النويسلة ، فى الفصيلة المانولية [٦] ، كما يصبح غلاف البويضة الخارجى لحميا عادة (شكل ١٧٥ د) . ويظهر الامتصاص الكلى لغلاف البويضة الداخلى النويسلة فى الفصائل الشقيقية والقرنية وأنواع خاصة من الزنبق وأماريلليس [٧] .

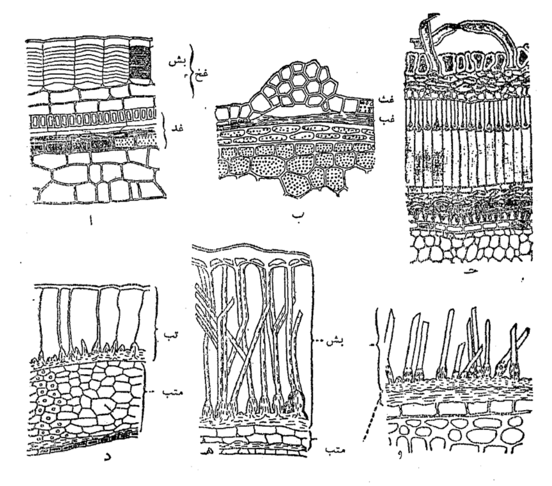
ويندر أن يصبح غلاف البويضة كله غلافا للبذرة فى البويضات ذوات الغلاف الواحد . لأن جزءا كبيرا أو صغيرا ، داخليا أو وسطيا ، يمتص عادة ، كما تكون الطبقات الخارجية غلاف البذرة بالاشتراك مع البشرة الداخلية ، كما فى الفصائل البوليمونية [٨] ، ولسان الحمل [٩] (شكل ١٧٥ ه) ، والبلسمينية [١٠] وغيرها من الفصائل . ويظهر أن الاختلاف والغموض فى التركيب الخارجى لأغلفة البذرة شديدان لدرجة أنه لا يمكن التعرف عليه الا بدراسة النشأة التكوينية .

التركيب النسيجى :

تظهر أغلفة البذرة اختلافا تركيبها فى النسيجى ، غير مرتبط بتاتا بتركيبها الخارجى . فلا توجد أغلفة البذرة فى بعض الثمار غير المتفتحة الجافة ، ويحاط الجنين بأنسجة مبيضية . وبذور السحلبيات [١١] متناهية البساطة حيث يوجد جنين يكاد يكون غير مميز ، مغلف بغلاف رقيق شفاف مكون من خلايا رقيقة الجدران (شكل ١٧٦ أ ، ب) . وهناك أنواع خاصة من البذور أغلفتها معقدة للغاية : كما فى البذور الشديدة الصلادة ، والبذور ذوات الأغلفة المزركشة (شكل ١٧٨ أ — ه)، والبذور ذوات الأغلفة اللحمية (شكلى ١٧٥ د ، ١٧٧ د) .

---

(١) Berberidaceae
(٢) Papaveraceae
(٣) Onagraceae
(٤) Lythraceae
(٥) Aristolochiaceae
(٦) Magnoliaceae
(٧) Amaryllis
(٨) Polemoniaceae
(٩) Plantaginaceae
(١٠) Balsaminaceae
(١١) Orchids



(شكل ١٧٧)

قطاعات عرضية فى أغلفة البذرة . أ ، الكتان (١) مبينا طبقات مرصوصة من المخاط فى خلايا البشرة (بش) ، غلاف البويضة الخارجى (غخ) وغلافها الداخلى (غد) ؛ ب ، الخس (٢) مبينا غلاف الثمرة (جدار المبيض) (غث) ، وغلاف البذرة مهرأ غير منتظم (غب) ؛ ج ، القطن (٣) مبينا شعيرات البشرة (« الياف » القطن) . د — و ، الطماطم (٤) مبينا مراحل فى نمو غلاف البذرة : د ، مبينا تغلظ الجدر العرضية الداخلية لخلايا البشرة وبدء التغلظ على الجدر الجانبيـة على شكل أشرطة ، وتظهر عدة خلايا فى المنطقة تحت البشرة (تب) ؛ هـ ، تبين خلايا البشرة وقد استطالت كثيرا ، وزاد تغلظ الأشرطة على الجدر الجانبية وامتد فوق أجزاء من الجدر العرضية الخارجية ، كما كادت المنطقة تحت البشرة أن تمتص تماما ؛ و ، مبينا « شعيرات » البشرة — والاشرطة المغلظة باقية بعد تفتت الجدر العرضية الخارجية وأجزاء رفيعة من الجدر الجانبية ، ويؤدى ذوبان وتفتت خلايا منطقة تحت البشرة (متب) الى ظهور طبقة شفافة ، وعلى ذلك ، يتكون غلاف البذرة من « شعيرات » البشرة ، وطبقة غير خلوية شفافة وطبقــة داخليــة خلوية ثخانتها خلية واحدة . (أ ، عن تشيرش وأوستبرل ، ب ، عن كوندو ، ج ، عن وينوتن ، د — و ، عن سويج).

---

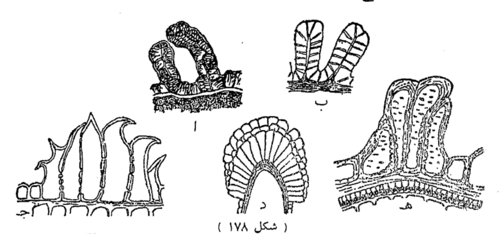
(١) Linum usitatissimum

(٢) Lactuca sativa

(٣) Gossypium

(٤) Lycopersicon esculentum

وتكون أغلفة البذرة غير منفذة للماء والغازات بدرجة عالية جدا فى كثير من الأنواع ، كما فى بذور بعض أفراد الفصيلة القرنية[١] والكانا[٢] . ولمثل هذه الأغلفة ، أدمة غليظة بدرجة لا تنفذ الماء ، حتى أنها لا تنبت الا بعد تمزق الأدمة. وتعتمد طريقة خدش البذور ومعالجتها بحامض الكبرتيك ، على الحاجة الى تمزيق أو ازالة الأدمة للسماح بدخول الماء والأكسجين لزيادة نسبة الانبات .



(شكل ١٧٨)

البذرة ذات القصرة المزركشة . ا ــ جينتيانا ستايلوفورا[٣] ، ب ، ريتيا بارتيرى[٤] ، جـ ــ ديكليبترا ريزوبينانا[٥] ، د ، روليا سكواروزا[٦] ؛ هـ ، العايق[٧] (كلها من نيتوليتسكى ؛ ا ، عن جرين ؛ ب ، عن واهل ؛ حـ ، د ، عن شافنيت ؛ هـ ، عن ميتلاشز

وتوجد طبقة مميزة واقية تحت البشرة ، فى كثير من البذور الصلدة ، وهى مكونة من خلايا عمادية،مرتبة فى وضع شعاعى،مرصوصة بأحكام (شكل١٧٥أ). وتسمى هــذه الطبقة ، الطبقة العمادية ، عادة ، وتسمى خلاياها المميزة « خلايا ملبيجى » أحيانا (لأنه أول من وصفها) . وتشبه هذه الطبقة العمادية ، الى حد ما الطبقة العمادية بالأوراق ، ولكنها اسكلرنشيمية لا تحتوى على مسافات بينية . والجدر غير منتظمة التغلظ عادة (شكل ١٧٥ جـ ، و ، ز) ، وقد تكون سليلوزية أو غليظة التكوين أو التلجنن . وتعطى وقاية مؤكدة ضد التمزق بالاحتكاك ، وضد تغيرات المحتوى المائى للبذرة . ويظهر بالطبقة العمادية ،فى معظم الأحوال ، « خط ضوئى » ، وهو منطقة تشبه الشريط تجرى عرضية على المحور الطولى

---

(١) Leguminosae
(٢) Canna
(٣) Gentiana stylophora
(٤) Wrightia Barteri
(٥) Dicliptera resupinata
(٦) Ruellia squarrosa
(٧) Delphinium

للخلايا — وبالتالى مماسية فى البذور (شكل ١٧٥ أ) — حيث يختلف انكسار الضوئى عنه فى باقى الخلايا . ويتكون هذا الخط الضوئى ، فى بعض الأنواع ، نتيجة لترسيب حبيبات شمعية فى الخلايا . وتوجد طبقات أخرى مختلفة الثخانة ، بها أنواع كثيرة من الخلايا ، داخل الطبقة الوقائية الغليظة الجدران ، أو خارجها فيما ندر . ومن هذه الأنواع الخلايا الحجرية الكثيرة الأنواع، والألياف ،والخلايا البرنشيمية التى لا حصر لأنواعها ، فهى مختلفة الحجم ، والشكل ، والمحتويات ، وتركيب الجدار . والطبقات المتتالية مكونة عادة من خلايا متنوعة للغاية . وغالبا ما تكون اتجاهات خلايا الطبقات المتجاورة مختلفة ، رغم صغرها ، وهى مرتبة بحيث تكون محاورها الطويلة عمودية على السطح فى طبقة،وموازية له فى أخرى، أو تكون المحاور الطولية موازية للمحور الطولى للبذرة فى طبقة ، وعمودية عليه فى الأخرى (شكل ١٧٥ ح) ويكثر وجود خلايا ذوات جدر خاصة غير منتظمة التغلظ (شكل ١٧٥ و ، ز)، وخلايا أخرى ذوات شكل غريب ، وصلة غير عادية بالخلايا المجاورة .

والطبقات الخارجية لأغلفة البذرة لحمية فى بعض البذور ، كما أنها تشبه الطبقات الخارجية للثمار اللحمية فى أجناس مثل مانوليا [١] ، وآذان الأسد [٢] وشجرة المعبد[٣] التى تتعرى بذورها عند نضجها . والتركيب النسيجى أقل تعقيدا فى الأنواع الكاسيات البذور ، مثل الرمان [٤]، فتنشأ الطبقة اللحمية التى تؤكل ، من البشرة ، وتستطيل خلاياها فى الاتجاه الشعاعى ، ويصل قطرها الى أضعاف قطرها الأصلى ، وتصبح منتفخة (شكل ١٧٦ هـ) .وينشأ جزء من اللب اللحمى الذى يحيط بالبذرة ، فى ثمرة الطماطم [٥] ، من بشرة غلاف البذرة ، كما تستطيل خلايا البشرة أثناء نموها فى الاتجاه الشعاعى ، وتصل الى عدة أمثال قطرها الأصلى ، ويتغلظ الجدار العرضى الداخلى بشدة ، كما تترسب تغلظات عضوية الشكل متوازية، على الجدر الجانبية الرقيقة . وتصبح الخلايا التى كبرت، لحمية منتفخة .وعندما تنضج البذرة،تتحطم الجدر الخارجية والجانبية بين العصى، وتظهر العصى حينئذ كزوائد شعيرية الشكل ، بارزة من غلاف البذرة

(١) Magnolis
(٢) Caulophyllum
(٣) Ginkgo
(٤) Punica - pomegranate
(٥) Lycopersicum

(شكل ١٧٧ د ، هـ) . والأجسام الشبيهة بالشعيرات ، فى البذرة الجافة ، سائبة فيما عدا القاعدة (شكل ١٧٧ و) . وتحاط البذرة اللحمية الناضجة بزائدة لحمية علوية تنشأ من المشيمة .

وتظهر على سطوح أغلفة البذرة علامات متباينة الشكل . وهى مميزة ثابتة فى النوع الواحد ، ويمكن بواسطتها التعرف على البذور أثناء تحليلها . والحواف والعقد والثنيات والخطاطيف وغيرها من الأجسام التى تظهر على السطح ، عبارة عن تحورات لخلايا البشرة عادة ، وربما اشتركت طبقات تحت البشرة من الغلاف فى تكوين الزوائد . وامتدادات غلاف البذرة المكونة من خلايا رقيقة الجدران ، مملوءة بالهواء ، عبارة عن أجنحة وأجسام أخرى تساعد على الطفو (شكل ١٧٦ جـ ، د) . ولشعيرات البشرة (الألياف) التى تظهر على أغلفة بذور القطن (شكل ١٧٧ جـ) أهمية خاصة .

الحزم الوعائية فى البذور :

تقتصر الحزم الوعائية فى البذور على الرافى [١] وغلاف البويضة الخارجى . وتفتقر أغلفة البويضة ، فى البذور الصغيرة ، الى النسيج الدعامى عامة ، ولكن وجود أو عدم وجود الحزم ، يعتبر الى حد ما ، صفة مميزة للفصيلة . وتمثل الأشرطة الموجودة بالرافى الجهاز الموصل للبويضة فى الحبل السرى المندمج . وربما وجدت شبكة من الحزم ، اذا كانت البذرة كبيرة وغلافها معقد التركيب .

الجنين والأندوسبرم :

يظهر على الأجنحة ، فى الفصائل المختلفة ، تباين كبير فى مرحلة التميز بالبذرة الناضجة . فيتكون الجنين ، فى بذرة السحلب ، من عدد قليل نسبيا من الخلايا الانشائية غير المميزة دون ما يدل على وجود جذير او ريشة أو فلقات (شكل ١٧٦ أ ب) ، ويوجد جذير وفلقات كبيرة ، وريشة نامية جدا ، وحزم وعائية فى مرحلة الكمبيوم الأولى ، فى بذور معظمها كبيرة الحجم ، كما فى بذور الزبدية [٢] . وبين هذين الحدين توجد انماط عدة .

(١) Raphe

(٢) Persea (avocado)

تحتوى الفلقات الغليظة التى لا تتمدد عند أنبات البذرة، على أنسجة ناضجة مكونة من خلايا مستديرة أو مضلعة مملؤة بالنشا أو الأليرون ، كما توجد بينها مسافات بينية . والجهاز الوعائى بهذه الفلقات بسيط للغاية، ولا توجد بها ثغور. وتحتوى الفلقات التى تتمدد عند الانبات ، على أنسجة غير ناضجة ، ولكن النسيج المتوسط قد يتميز الى نسيج أسفنجى ونسيج عمادى ، وربما وجدت الثغور فى البشرة . والجهاز الوعائى فى مرحلة الكمبيوم الأولى فى كل الأجنة عادة ، ونادرا ما تظهر أوعية ناضجة من الخشب الأول واللحاء الأول كما فى الكستناء[١] والكستناء الهندى[٢] .

ويتكون الأندوسبرم دائما من خلايا برنشيمية مضلعة أقطارها متساوية نوعا. وتحتوى الجدر على نسبة عالية من السليلوز ، وهى رقيقة عادة ولكنها غليظة للغاية فى بعض النباتات مثل البلح[٣] والكاكى[٤] (شكل ٢١ هـ ، ب) . ويمثل السليلوز الاضافى ، فى هذه الحالة ، غذاء مختزنا . ويسمى الأندوسبرم الشديد الصلادة أندوسبرم « قرنى » عادة . ويستعمل الأندوسبرم فى البذور الكبيرة لبعض أنواع النخيل ، فى صناعة الأزرار ، كما فى نخل العاج[٥] . والمواد المختزنة فى الأندوسبرم النموذجى عبارة عن النشا والأليرون والزيوت ، ويقال أن النشا والأليرون لا يوجدان معا فى الخلية الواحدة .

---

(١) Castanea

(٢) Aesculus

(٣) Phoenix

(٤) Diospyros

(٥) Phytelephas

REFERENCES — المراجع

The Flower

Arber, A.: Floral anatomy and its morphological interpretation, *New Phyt.*, **32**, 231-242, 1933.

Bechtel, A. R.: The floral anatomy of the Urticales, *Amer. Jour, Bot.*, **8**, 386-410, 1921.

Bonne, G.: "Recherches sur le pédicelle et la fleur des Rosacées," Paris, 1928.

Brooks, R. M.: Comparative histogenesis of vegetative and floral apices in *Amygdalus communis*, with special reference to the carpel, *Hilgardia*, **13**, 249-306, 1940.

Chester, G. D.: Bau und Function der Spaltöffungen auf Blumenblättern und Antheren, *Ber. Deut. Bot. Ges.*, **15**, 420-431, 1897.

Chute, H. M.: The morphology and anatomy of the achene, *Amer. Jour. Bot.*, **17**, 703-723, 1930.

Douglas, G. E.: Studies in the vascular anatomy of the Primulaceae, *Amer. Jour. Bot.*, **23**, 199-212, 1936.

——: The inferior ovary, *Bot. Rev.*, **10**, 152-186, 1944.

Eames, A. J.: The vascular anatomy of the flower with refutation of the theory of carpel polymorphism, *Amer. Jour. Bot.*, **18**, 147-188, 1931.

Grégoire, V.: La valeur morphologique des carpels dans les Angiospermes, *Bull. Abad. Roy. Belg.*, **17**, 1286-1302, 1931.

Gumppenberg, O. von: Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Blumenblätter mit besonderer Berücksichtigung der Nervatur, *Bot. Arch.*, **7**, 448-491. 1924.

Hancy, A. J.: The vascular anatomy of certain ericaceous flowers, Thesis, Cornell University, 1916.

Henslow, G.: On the vascular systems of floral organs, and their importance in the interpretation of the morphology of flowers, *Jour. Linn. Soc. Bot. London*, **28**, 151-197, 1891.

——: "The Origin of Floral Structures through Insect and other Agencies," New York, 1888. (Vascular anatomy).

Hiller, G. H.: Untersuchungen über die Epidermis der Blüthenblätter, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **15**, 411-451, 1884.

Jackson, G. : The morphology of the flowers of *Rosa* and certain closely related genera, *Amer. Jour. Bot.*, **21**, 453-466, 1934.

Koch, M. F. : Studies in the anatomy and morphology of the Composite flower, I. The corolla, *Amer. Jour. Bot.*, **17**, 938-952, 1930.

Kraus, E. J., and G. S. Ralston : The pollination of the pomaceous frutts : III. Gross vascular anatomy of the apple, *Ore. Agr. Coll. Exp. Sta. Bull.*, **138**, 1916.

Kuhn, G. : Beiträge zur Kenntnis der intraseminal Leitbündel bei den Angiospermen, *Bot. Jahrb.*, **61**, 325-379, 1928.

McCoy, Ralph W. : Floral organo-genesis in *Frasera carolinenesis, Amer. Jour. Bot.*, **27**, 600-609, 1940.

Manning, W. E. : The morphology of the flowers of the Juglandaceae, II. The pistillate flowers and fruit, *Amer. Jour. Bot.*, **27**, 839-852, 1940.

Muller, L. : Grundzüge einer vergleichenden Anatomie der Blumenblätter, Nova Acta K. L-C., *Deutsch. Akad. Naturforscher,* **59**, 1-356, 1893.

Newman, I. V. : Studies in the Australian Acacias, VI. The meristematic activity of the floral apex of *Acacia longifolia* and *Acacia suaveolens* as a histogenic study of the ontogeny of the carpel, *Proc. Linn. Soc. N.S.W.*, **61**, 56-88, 1936.

Satina, S., and A. F. Blakeslee : Periclinal chimaeras in *Datura stramonium* in relation to development of leaf and flower, *Amer. Jour. Bot.*, **28**, 862-871, 1941.

Smith, F. H., and E. C. Smith : Anatomy of the inferior ovary of *Darbya, Amer. Jour. Bot.*, **29**, 464-471, 1942.

——— and ———: Floral Anatomy of the Santalaceae and related forms, *Oregon State Monographs. Studies in Botany,* **5**, 1942.

Tillson, A. H. : The floral anatomy of the Kalanchoideae, *Amer. Jour. Bot.*, **27**, 595-600, 1940.

Tschech, K. : Der Gewebebau grüner Kelchblätter, Oesterreich. *Bot. Zeitschr.*, **38**(3), 187-199, 1939.

Van Tieghem, P. : Recherches sur la structure du pistil et sur l'anatomie comparée de la fleur, *Mém. Acad. Sci. Inst. Imp. France,* **21**, 1-262, 1875.

Wilkinson, A. M. : The floral anatomy and morphology of some species of *Cornus* and the Capifoliaceae, Thesis, Cornell University, 1945.

THE FRUIT

BARBER, K. G.: Comparative histology of fruits and seeds of certain species of Cucurbitaceae, *Bot. Gaz.*, **47**, 263-310, 1909.

DU SABLON, L.: Recherches sur la déhiscence des fruits a péricarpe sec, Thesis, Paris, 1884.

FARMER, J. B.: Contributions to the morphology and physiology of pulpy fruits, *Ann. Bot.*, **3**, 393-414, 1889.

GARCIN, A. G.: Recherches sur l'histogénèse des péricarpes, Thesis, Paris, 1890.

HOUGHTALING, H. B.: A developmental analysis of size and shape in tomato fruits, *Bull. Torr. Bot. Club*, **62**, 243-252, 1935.

JULIANO, J. B.: Origin, development and nature of the stony layer of the coconut, *Phil. Jour. Sci.*, **30**, 187-197, 1926.

KRAUS, G.: Ueber den Bau trockner Pericarpien, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **5**, 83-126, 1866.

LAMPE, P.: Zur Kenntnis des Baues und der Entwickelung saftiger Früchte, *Zeitch. Naturwiss.*, **59**, 295-323, 1886.

LONG, E. M.: Developmental anatomy of the fruit of the Deglet Noor date, *Bot. Goz.*, **104**, 426-436, 1943.

MACDANIELS, L. H.: The morphology of the apple and other pome fruits, *Eém. Cornell Univ. Agr. Exp. Sta.*, 230, 1940.

OKIMOTO, M. C.: Morphology and anatomy of the pineapple inflorescence and fruit, Thesis, Cornell University, 1943.

SINNOTT, E. W.: A developmental analysis of the relation between cell size and fruit size in cucurbits, *Amer. Jour. Bot.*, **29**, 179-189, 1939.

TUKEY, H. B., and J. O. YOUNG: Histological study of the developing fruit of the sour cherry, *Bot. Gaz.*, **100**, 723-749, 1939.

———: Gross morphology and histology of developing fruit of the apple, *Bot. Gaz.*, **104**, 3-25, 1942.

WAHL, VON, C.: Vergleichende Untersuchungen über den anatomischen Bau der geflügelten Früchte und Samen, *Bibl. Bot.*, **40**, 1-25, 1897.

WINTON, A. L.: The anatomy of edible berries, *Conn. Agr. Exp. Sta. Rept.*, **26**, 288-325, 1902.

THE SEED

BRANDZA, M. : Développement des téguments de la graine, *Rév. Gén. Bot.*, **8**, 1-32, 105-117, 150-165, 229-240, 1891.

CARLSON, M. C. : Formation of the seed of *Cypripedium parviflorum* Salisb., *Bot. Gaz.*, **102**, 295-301, 1940.

GODFRIN, J. : Étude histologique sur les téguments seminacx des angiosperms, *Bull. Soc. Sci. Nancy*, **5**, 109-219, 1880.

——: Recherches sur l'anatomie comparée des cotylédons et de l'albumen, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 6 sér., **16**, 5-158, 1884.

GUIGNARD, L. : Recherches sur le développement de la graine et en particular du tégument séminal, *Jcut. Bot.*, **7**, 1-14, 21-34, 57-66, 97-106, 141-153, 205-214, 241-250, 282-296, 303-311, 1893.

HAUSS, H. : Beiträge zur Kenntniss des Entwicklungsgeschichte von Flügeinrichtungen bei höheren Samen *Bot. Arch.*, **20**, 74-108, 1927.

JUMELLE, H. : Sur la constitution du fruit des Graminées, *Compt. Rend. Acad. Sci., Paris*, **107**, 285-287, 1888.

KAYSER, G. : Beiträge zur Kenntnis der Entwickelungsgeschichte der Samen mit besonderer Berücksichtigung des histogenetischen Aufbaues der Samenschalen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **25**, 79-148, 1893.

KONDO, M. : Uber die in der Landwirtschaft Japans gebrauchten Samen, *Ber. Ohara Inst. f. Landw. Forsch.*, **1**, 399-450, 1919.

NETOLITSKY, F. : Anatomie der Angiospermen Samen, *In* K. Linsbauer : " Handbuch der Pflanzenantomie, " X, 1926.

PAMMEL, L. H. : Antomical characters of the seed of Leguminosae, chiefly genera of Gray's Manual, *Trans. Acad. Sci. St. Louis*, **9**, 91-273, 1899.

SKHNARF, K. : Anatomie der Gymnospermen Samen, *In* K.Linsbauer : " Handbuch der Pflanzenatomie, " 1937.

SOUÈGES, M. R. : Développement et structure du tégument séminal chez les Solanacées, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 9 sér., **6**, 1-124, 1907.

TSCHIRCH, A., and O. OESTERLE : " Anatomischer Atlas der Pharmakogaosie und Nahrungsmittelkunde, " Leipzig, 1900.

TUNG, C. : Development and vascular anatomy of the flower of *Puuica granatum* L., *Bull. Chinese Bot. Soc.*, **1**, 108-128, 1935.

WINTON, A. L. : The anatomy of certain oil seeds with especial reference to the microscopic examination of cattle foods, *Conn. Agr. Exp, Sta. Rpt.*, **27**, 175-198, 1903.

الفصل الرابع عشر

التركيب التشريحى للنبات وعلاقته بالبيئة

كان الأهتمام قاصرا ، فى الفصول السابقة، على تركيب النبات الطبيعى الذى ينمو فى مناطق محتواها المائى متوسط أو أمثل.وتسمى مثل هذه البيئة وسطية (١) وتوجد فى الأماكن المنزرعة من المنطقة المعتدلة ، وكذلك فى أجزاء من المناطق الاستوائية ، وخصوصا على ارتفاعات متوسطة . وتسمى النباتات التى تعيش فى هذه البيئة نباتات وسطية (٢). وتشمل معظم النباتات البرية والمنزرعة بالمناطق المعتدلة .

وهناك نباتات كثيرة أيضا ، تعيش فى ظروف متطرفة بالنسبة للماء الميسر (٣) ، مثل المجموعة الكبيرة من النباتات الوعائية المسماة بالنباتات المائية (٤) ، والتى تعيش طافية فوق سطح الماء أو مغمورة عند أعماق مختلفة حتى تصل الى حيث تقل شدة الاضاءة ، وتصبح الظروف الأخرى عوامل تحدد استمرار بقاء النباتات من هذا النوع . وينمو فى البيئة المعروفة بالجفافية ، (٥) حيث الماء الميسر قليل ، عدد أكبر من الأنواع ، تظهر اختلافا بينا فى تركيبها . وتشمل مجموعة النباتات الجفافية (٦) ، أنواعا من عدة فصائل ، لا ترتبط ببعضها البعض من ناحية النشؤ القبلى بتاتا ، ولكنها متقاربة نوعا فى تركيبها الخضرى ، وهى فى هذه البيئة . وتوجد بين النباتات الصحراوية فى جانب ، والمائية فى الجانب الآخر ، انماط عدة ، ودرجات كثيرة من الاختلاف التركيبى للنباتات التى تتوسط بيئتها الطبيعية بين الوسطية والصحراوية فى طرف ، وبين الوسطية والمائية فى الطرف الآخر .

---

(١) mesophtic
(٢) mesophytes
(٣) available water
(٤) hydrophytes
(٥) Xerophytic
(٦) Xerophytes

أنواع البيئة الجفافية :

تظهر التحورات التركيبية التى تتصف بها النباتات الصحراوية تحت ظروف بيئية كثيرة منوعة . ولكنها أكثر شيوعا فى الصحارى والأماكن شبه الجافة ، حيث يشح المطر طول العام أو أثناء جزء كبير منه ، فتظهر عدة نباتات ، ليست نموذجا للنباتات الصحراوية فى تركيبها ، لأنها أثناء موسم ممطر قصير وتقضى موسم الجاف على هيئة بذور ، أو أبصال ساكنة ، أو كورمات ، أو جذور تحت سطح الأرض . ويوجد عدد لا بأس به من الأنواع ، فى مثل هذه الأماكن ، فيما عدا الصحارى المتطرفة حيث لا تنمو نباتات راقية ، ولهذه النباتات سوق وأوراق ، أو سوق فقط ، تظهر فوق الأرض طول العام . وتوجد بالاضافة الى هذه البيئات ، التى تتميز بنقص حقيقى فى الماء ، توجد أيضا البيئات التى يبدو أن ماءها وفير ، ولكنه غير ميسر للنباتات لسبب فسيولوجى . فهناك مجموعة معروفة من النباتات ، تسمى النباتات الملحية [1] ، تنمو فى المستنقعات الملحية ، أو فى أنواع خاصة من التربة القلوية السامة قليلا للنباتات ، ورغم بقاء هذه النباتات فى الماء عادة ، فان تحوراتها التركيبية محكمة ، تشبه كثيرا تلك الموجودة فى نباتات الصحراء ، لتمنع فقد الماء . ورغم وجود الماء ، فان درجة تركيز الأسموزية عالية بدرجة لا تساعد على امتصاصه بواسطة النبات ، وتوجد حالة مشابهة نوعا فى نباتات الأراضى الغدقة [2] بالمناطق المعتدلة الأكثر برودة ، وبالمناطق تحت القطبية ، ولا يمتص الماء فى هذه الأماكن بسبب درجة تركيزه الاسموزية العالية ، ويحتمل عدم امتصاصه بسبب الأثر السام على جذور النباتات فيمنع نموها ، أو بسبب الانخفاض الشديد فى درجة حرارة التربة .

وتظهر مجموعة أخرى من الظروف الفسيولوجية الصحراوية فى مناطق لا يوجد بها نقص حقيقى للماء ، ولكنها باردة أثناء فترة من السنة . فتوقف درجات الحرارة المنخفضة معدل امتصاص الجذور للماء ، وتقلل عملية الانتقال عامة ، ورغم انخفاض النتح ، فهناك نقص فسيولوجى فى الماء . وتصبح هذه الحالة شديدة الوضوح ، عندما تتجمد التربة الى عمق كبير . وتبدو هذه النباتات التى تحتفظ باوراقها تحت هذه الظروف ذات تركيب صحراوى نموذجى ، مثال

---

(١) halophytes

(٢) peat bogs

ذلك الأنواع عاريات البذور ذوات الأوراق الابرية التى تنتشر فى المناطق المعتدلة وتحت القطبية عامة .

والتعرض للرياح الدائمة العالية السرعة ، وللضؤ والحرارة الشديدين ، يهيىء الظروف الجفافية أيضا ، وثمة ظروف جفافية كثيرة تنشأ نتيجة تضافر عدد من العوامل البيئية المذكورة ، ففى الصحراء ، تشترك عوامل فقد الماء من التربة ومن الجو ، والضوء والحرارة الشديدين ، والرياح العالية السرعة .

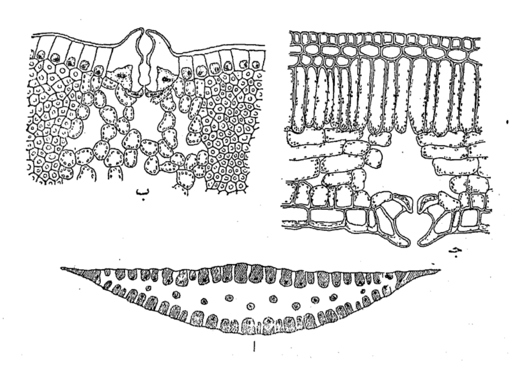
نباتات الجفاف :

تختلف نباتات الجفاف عن النباتات الوسيطة من الناحيتين الفسيولوجية والتركيبية . ومع أن الأعضاء والأنسجة الوسيطة المعتادة لا يتغير تركيبها ، الا أنها تصبح أكثر فاعلية من حيث الوظيفة ، مثال ذلك ، تكون النباتات التى تنمو فى ظروف الجفاف ، كشجرة الزيتون تكون مجموعا جذريا كبيرا ، بدرجة غير عادية ، يكون قادرا على الامتصاص بكفاءة عالية والنباتات الملحية ، مثل آخر لهذا النوع من التحورات ، حيث درجة التركيز الاسموزية داخل النبات أعلى منها فى النباتات الوسيطة المعتادة ، وتمكن هذه الدرجة من التركيز ، النبات من امتصاص الماء من التربة الملحية . ويشترك مع ارتفاع درجة التركيز الاسموزى قدرة خلايا هذه النباتات على مقاومة الأثر السام للمحلول الملحى ، الذى يضر دون شك ، بكثير من النباتات الأخرى ، التى درجة تركيزها الاسموزية عادية ، ويصاحب التحورات الفسيولوجية عادة ، تحورات تركيبية تقلل من فقد الماء الممتص ، كما توجد أجسام متخصصة شديدة التعقيد ، وقد يعم وجودها كل أنسجة النبات تقريبا .

التلجنن والتكوتن :

يكثر التأدم الغليظ وأقصى تكوتن للبشرة وكذلك خلايا تحت البشرة فى نباتات الجفاف . وتوجد جميع درجات الثخانة بالأدمة ابتداء من ثخانة أكبر قليلا من المعتاد ، مثل نباتات البيئة نصف الجفافية ، الى ثخانة تامة بالنباتات الجفافية المتطرفة حيث ثخانة الأدمة مثل أو أغلظ من قطر خلايا البشرة . كما تتكوتن جدر خلايا البشرة عادة ، وأحيانا جدر الخلايا التى تحتها أيضا ، ويصاحب الطبقات التامة الكوتنة درجات مختلفة من تلجنن خلايا البشرة وتحت البشرة عادة.

وقد يمتد التلجنن حتى أجزاء من خلايا البرنشيمة العمادية فى بعض الأعضاء ، كما فى أوراق السيكاس (شكل ١٧٩ جـ) . وتتكون فى كثير من النباتات طبقة من



(شكل ١٧٩)

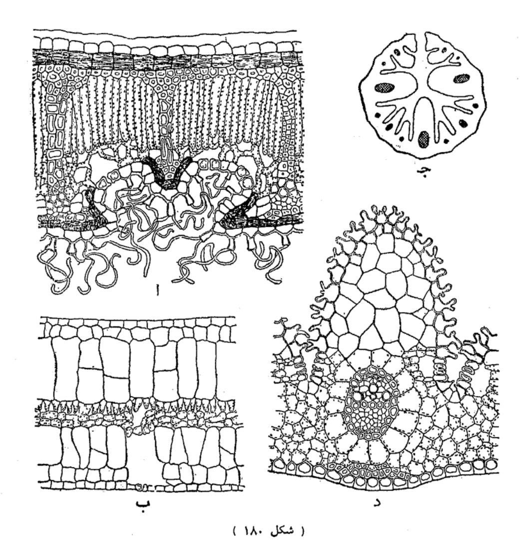
تركيب أوراق النباتات الجفافية . أ ، شكل تخطيطى لقطاع عرضى فى ورقة (اسيليريون سيراتيفوليام[١] ، تظهر الاسكلرنشيمة مخططة بخطوط مائلة ، والانسجة الوعائية مخططة بخطوط متقاطعة ، ب ، جزء تفصيلى صغير من الحافة ، جـ ، قطاع عرضى فى ورقة السيكاس[٢] ، مبينا « تحت البشرة » ملجننة وجزء من النسيج العمادى ملجنن)

الشمع تغطى البشرة . وتفرز نباتات كثيرة الشمع بكميات تجعلها ذات قيمة تجارية ، مثال ذلك نخلة الشمع[٣] ، وشجرة الشمع[٤] وهما مورد شمع كارنوبا[٥] الذى يتكون بكميات تكفى لجعلها ذات قيمة تجارية . (يتكون الشمع أحيانا بواسطة نباتات لا تنمو تحت ظروف الجفاف) .

وتحتوى كثير من نباتات الجفاف ، بالاضافة الى تكوين البشرة ، على طبقة أو عدة طبقات من الخلايا تقع تحت البشرة مباشرة ،وتسمى طبقة تحت البشرة[٦]

---

(١) Dasylirion serratifolium
(٢) Cycas
(٣) Copernicia
(٤) Cerouylon
(٥) Carnauba wax
(٦) Banksia



(شكل ١٨٠)

تركيب الاوراق فى نباتات الجفاف . أ ، نوع جلدى ، بانكسيا ، ب ، نوع عصيرى(١) ، بيجونيا(٢) جـ ، د النوع الملفوف ، سبارتينا(٣) . أ ، نوع متطرف أدمته غليظة للغاية ، طبقة تحت البشرة الخارجية مملوءة بالمخاط والتانين ، تغلف جيوب النسيج المتوسط بالاسكلرنشيمة ، الثغور فى جيوب مملوءة بالشعيرات ، البرنشيمية الاسفنجية شحيحة ، ب ، النسيج المتوسط رقيق ، تحميه خلايا تحتوى على المخاط ، الثغور غير محمية ، جـ ، شكل تخطيطى لقطاع عرضى لورقة فى حالة التفاف ، د ، جزء تفصيلى من الورقة السابقة ، الثغور فى أخاديد تكاد تكون مغلفة بخلايا البشرة المتداخلة

(أشكال ١٧٩ ١٨٢ جـ ، ب ، د) . وتشبه خلايا هذه الطبقة خلايا البشرة فى التركيب عادة ، وأحيانا تنشأ تكوينات من خلايا البشرة الصغيرة ، وتعتبر تحت البشرة نسيجا متوسطا من الناحية الشكلية ، فى أوراق معظم النباتات ، وقد

(١) malacophyllous type
(٢) Begonia
(٣) Spartina

تكون على صورة طبقة من الخلايا الاسكلريدية أو شريطا من النسيج الليفى . وتتكوتن تحت البشرة فى السوق والأوراق الى حد ما ، أو غالبا ما تتلجنن ، كما يكثر وجود الصموغ والتانين فى هذه الطبقة (شكل ١٨٠ أ) .

الاسكلرنشيمة :

تحتوى أورق نباتات الجفاف عامة ، بالاضافة الى تحت البشرة ، على كمية من الاسكلرنشيمة أكبر من الموجود بالنباتات الوسطية عادة . ويترتب هـذا النسيج فى طبقات منتظمة نوعا من الألياف أو من الخلايا الاسـكلريدية ، بين النسـيج المتوسط للورقة والبشرة أو تحت البشرة . ويوجد فى بعض النباتات شريط رقيق نوعا من الاسكلرنشيمة بين تحت البشرة والنسيج المتوسط كما فى بانكسيا (شكل ١٨٠ أ) ، كما توجد فى أنواع أخرى ، أشرطة غليظة متوازية من الالياف أسفل البشرة . وتغطى هـذه الأشرطة النسيج المتوسط فيما عدا فتحات صغيرة تؤدى الىالثغور داخل الورقة.وتمنع هذه الطبقات الاسكلرنشيمية فقد الماء ، كما تساعد على تدعيم العضـو ، وتعمل كحاجز جزئى ضد الضوء الشديد . وتوصف نباتات الجفاف التى تحتوى أوراقها على كوتنة ولجننة كثيرة بأنها ذات أوراق جلدية .

الشعيرات :

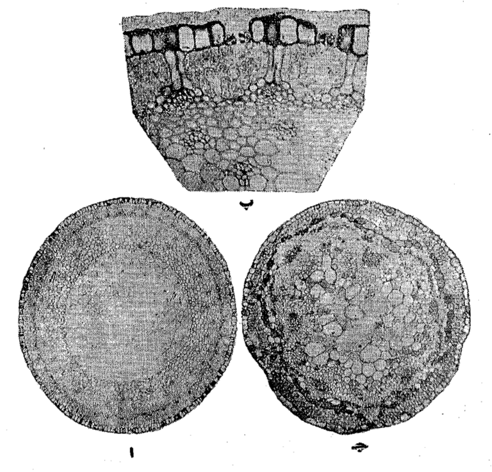
تمنع التحورات السابق ذكرها ، فقد الماء من النبات بتكون طبقات هى ذاتها غير منفذة نوعا . يضاف الى ذلك أن اعاقة مرور الهواء على سطح يمنع البخر السريع خلال الثغور . ويغطى سطح الأوراق السفلى ، أو اينما وجدت الثغور بكثرة ، بطبقة كثيفة من الشعيرات تمنع فقد الماء فى كثير من النباتات ، خصوصا نباتات مناطق الألب المعرضة للرياح الشديدة . كما يكثر وجود الشعيرات فوق جميع أجزاء النبات المعرضة للهواء . وتكون الشعيرات فوق البشرة ، مسافات محبوسة الهواء درجة رطوبتها النسبية تقارب درجتها داخل الورقة . وتوصف النباتات الصحراوية التى تحتوى أوراقها وسوقها على طبقة من الشعيرات بأنها مشعرة [١] .

---

(١) Trichophyllous

التفاف الأوراق :

تلتف أوراق بعض نباتات الجفاف التفافا تاما تحت ظروف الجفاف ، ومن أمثلتها المعروفة الحشائش الصحراوية . تقع الثغور ، فى هذه الأوراق أما على السطح العلوى أو السطح السفلى ، فاذا التفت حواف الورقة الى الداخل حتى تتلامس أو تتداخل ، بقيت الثغور بعيدة عن الهواء الخارجى . وخير مثل لهذا



(شكل ١٨١)

تركيب السوق فى نبات الجفاف ذى الاوراق الصغيرة . أ ، ب ، ليبتوكابس(١)، ذو فلقة واحدة : أ ، قطاع عرضى فى الساق ، ب ، جزء صغير من أ ، مبينا نسيج البناء الضوئى القشرى المتخصص ، وتظهر الثغور غائرة ، والبشرة ملجننه ، كما تظهر الأوراق فى القطاع خارج البشرة ، وهى عبارة عن حراشيف لا تؤدى وظيفة الورقة . ج ، بوليجونيللا(٢)، قطاع عرضى فى الساق مبينا حالة مماثلة فى ذوات الفلقتين .

---

(١) Leptocarpus

(٢) Polygonella

النوع ، يشاهد فى سبارتينا ، وهو نبات نجيلى ملحى ، تلتف ورقته الى أعلى التفافا تاما ، والثغور محمية لوجودها فى أخاديد (شكل ١٨٠ ج ، د) فتقل حركة الهواء كثيرا فوق المساحات الثغرية . وكما سبق شرحه بالفصل الثانى عشر ، توجد فى أوراق كثير من الحشائش خلايا حركة خاصة على السطح العلوى للورقة ، تساعد على أن تلتف بطريقة معينة . ويمكن مشاهدة هذه الخلايا بوضوح تام فى النجيليات الصحراوية . وهناك نوع من الأوراق يلتف عندما ما يقل معين الماء فى النبات، كما فى الأوراق الشريطية مثل أنواع من داسيليريون[١] ، وأنواع أخرى من بعض الأجناس ذوات الأوراق العريضة ، كما فى رودوديندرون [٢].

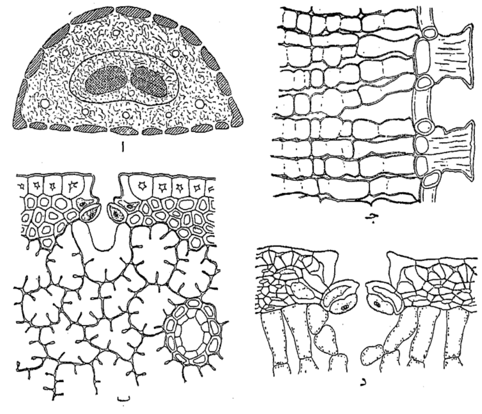
تركيب الثغر :

فتحات الثغور ذات أهمية للنبات ، لأنها تسمح بدخول ثانى أكسيد الكربون والأكسجين وربما سمحت أيضا بدخول وخروج غازات أخرى . ويخرج الماء من الثغور عندما تكون مفتوحة ، حتى لو كان فقده ضارا بالنبات كله . ولذلك كان انخفاض النتح ذا أهمية قصوى للنباتات الصحراوية ، ومما يساعد على انخفاض النتح ، اختزال عدد الثغور — اما باختزال سطح الورقة أو باختزال عدد الثغور فى وحدة المساحة — أو تحور كامل فى تركيب الجهاز الثغرى . ولا يقل فقد الماء، فى النباتات الصحراوية ، نتيجة لوجود غطاء شعيرى ، ولالتفاف الأوراق فحسب، ولكن وجود الثغور غائرة فى مستوى منخفض عن باقى خلايا البشرة لما يساعد على قلة فقد الماء أيضا . وللخلايا المساعدة بهذه الثغور شكل معين وترتيب خاص يجعلها تكون غرفة أو غرفا خارجية متصلة بالثغر خلال فتحات ضيقة . وتساعد هذه الحالة على عزل الفتحة بين الخليتين الحارستين عن الهواء الخارجى ، حيث نسبة الرطوبة منخفضة . ويكثر وجود هذا النوع من الثغور فى نباتات الجفاف المتطرفة كما توجد أيضا فى الصنوبر[٣] (شكل ١٨٢ ب ، ج) ، وذيل الحصان (شكل ١٧٩ ج) ، وليبتوكاربس[٤] (شكل ١٨١ ب) . وجدر الخلايا المساعدة، وكذلك أجزاء من جدر الخلايا الحارسة بهذه الثغور تكون غليظة ملجننة عادة

---

(١) Dasylirion — (٢) Rhododendron

(٣) Pinus — (٤) Leptocarpus



(شكل ١٨٢)

تركيب نباتات الجفاف ذات الأوراق الصغيرة . أ ، ب ، جـ ، ورقة الصنوبر الأسود(١)، شكل تخطيطى لقطاع عرضى ، وجزء تفصيلى صغير من القطاع السابق ، جزء صغير من قطاع طولى مارا بأخدود ثغرى ، على الترتيب . أ ، الحزمتــان الوعائيتــان مخططتان بخطوط متقاطعة ، محاطتان بغــلاف برنشــيمى واندودرمس ، كما يحتوى النسيج المتوسط على قنوات الراتنج ، ويحميه سكلرنشيمة خارجية ، مخططة بخطوط مائلة ، تتخللها الأخاديد الثغرية ، ب ، جـ ، النسيج المتوسط منتظم ، كثيف ، والجدر منثنية الى الداخل ، د ، قطاع عرضى ، خلال منطقة ثغرية ، فى ساق اكويزيتم هيميل(٢)، مبينا نسيج التركيب القشرى ، والثغور الغائرة ، والبشرة وتحت البشرة شديدة السلكنة(٣)

أو مكوتنة بشدة،ويحمى الثغور الغائرة أيضا وجود الشعيرات كما فى كازورينا(٤) وبانكسيا (شكل ١٨٠ أ) .

اختزال سطح الورقة :

تمثل النباتات ذوات الأوراق الصــغيرة مجموعة من أكبر مجموعات نباتات، ويساعد اختزال ســطح الورقة بهذه المجموعة على منع فقد الماء جزئيا ، حيث

---

(١) Pinus nigra

(٢) Equisetum hyemale

(٣) Silicified

(٤) Casaurina

الطسح الكلى المعرض من جسم النبات صغير نسبيا اذا قورن بمثيله فى النباتات الوسطية المعتادة . ومن أمثلة هـذه المجموعة أنواع كثيرة تمثل كل المجموعات النباتية ، مثل ذيل الحصـان ، والصنوبر ، وكازورينا ، واسبرجس ، ونباتات الكاكتس ، وبوليجونيللا (شـكل ١٨١ ج) . وأوراق هـذه الأنواع ، صغيرة جدا ، اذا كانت وظيفتها طبيعية ، وغالبا ما تختفى من النبات البالغ ، أو تبقى على هيئة حراشيف صغيرة ، أو قنابات معظمها لا يؤدى وظيفة الورقة . وتتم عملية البناء الضوئى فى سـوق بعض الأجناس ، كما فى ذيل الحصـان ، وليبتوكاربس ، وبوليجونيللا ، حيث أنسجة البناء الضوئى نامية جدا ويصاحب اختزال سطح الورقة ، عادة زيادة الاسـكلرنشيمة ، وظهور الثغور الغائرة ، واحتزان الماء .

الأوراق الابرية فى عاريات البذور :

أوراق عاريات البذور الأبرية نوع هام من الأنواع الصغيرة الأوراق. وتتعرض أنواع كثيرة من الصنوبر وبسيا [1] وغيرها من أجناس المخروطيات ، تتعرض لظروف الجفـاف أثناء الشـتاء حيث درجة حرارة التربة والهواء منخفضة تمنع امتصاص الماء وانتقاله ، وفى الوقت نفسه لا تمنع فقد الماء من الأوراق ، وتوجد بهذه الأوراق ، بالاضافة الى اختزال السطح ، كوتنة ثقيلة وثغور غائرة. ومن الأوراق الأبرية المميزة ورقة الصنوبر (شكل ١٨٢ أ — ج) . يتكون النسيج الوعائى فى هذه الورقة ، من حزمتين محورتيين ، يتكون كل منهما من لحاء وخشب متساويين تقريبا ، معظمهما ثانوى النشأة . وتحيط بالانسـجة الوعائية مباشرة ، منطقة تسمى النسيج الناقل [2] (الفصل الرابع) يحدها أندودرمس ظاهر جدا . وبعض خلايا النسيج الناقل — وهو فى موضع البريسيكل — يحتوى على نقر مصفوفة ، مع أن للنسيج مظهر البرنشـيمة . ويوجـد نسيج البنـاء الضـوئى خارج الاندودرومس ، ويتكون من خلايا متوسطة خاصة ، يتسع فيها سطح الجدار لوجود بروزات الى الداخل . وتتوزع البلاستيدات الخضر حول هذا السطح الكبير . والجدر الخارجية لخلايا البشرة مكوتنة ، وتمتد الكوتنة على الصفائح الوسطى بين وحول الخلايا . والجدار شديد التغلظ لدرجة أن فجوة الخلايا تكاد

---

(١) Picea

(٢) Transfusion tissue

تكون مسدودة . ويلى البشرة « تحت البشرة » وهى نامية جدا ، ثخانتها عدة طبقات ، تتكون من خلايا سكلرنشيمية طويلة تمتد موازية للمحور الطولى للورقة والثغور غائرة نوعا ، مرتبة فى صفوف طولية محددة . ويظهر تركيب الثغور فى القطاعات العرضية والطولية للورقة فى (شكل ١٨٢ ب ، ج) . والأوراق الأبرية لعاريات البذور الأخرى ، مع اختلافها عن أوراق الصنوبر ، الا أنها تشبهها كثيرا فى الصفات العامة .

نباتات الجفاف العصيرية :

هى المجموعة الرابعة الكبيرة من نباتات الجفاف التى لها أوراق أو سوق لحمية ، وتوصف بأنها عصيرية . والأنســجة التى تختزن الماء والمواد المخاطية واضــحة بهذه النباتات . وتقع بين البشرتين العليا والسفلى بالأوراق ، وعلى جانبى الورقة ، أو على جانبى الورقة وفى مركزها بالأوراق المتطرفة . والخلايا المختزنة كبيرة عادة ، رقيقة الجدران غالبا ، كما فى بيجونيا (شكل ١٨٠ ب) . والجدر مدعمة بطريقة تمنع تقلصها اذا قل انتفاخ الخلايا . وواضح أن هذا النسيج المختزن يعمل كمصدر للماء المختزن أثناء الجفاف ، أو يظلل الأنسجة التحتانية من الضوء الشديد . ولبعض الأنواع ، أوراق غليظة اسطوانية ملساء ، حزمها الوعائية مرتبة فى اسطوانة أشبه بالهيكل الوعائى . والنسيج المتوسط ، المكون من نسبة كبيرة من النسيج العمادى عادة ، أكثر أحكاما عنه فى النباتات الوسطية. كما أن كمية أنسجة البنـــاء الضوئى أكبر بمقارنتها بمساحة السطح المعرض من الورقة . ويعتبر سطح الورقة مختزلا نسبيا . وينتشر نسيج اختزان الماء فى كثير من نباتات الجفاف الصغيرة الأوراق ، خصوصا نباتات الكاكتس والنباتات التى تشبهها فى الصفات وكذلك بعض الأجناس الملحية مثل الخريزة[١] .

النباتات العالقة [٢] :

يختلف تركيب النبــاتات العالقة تبعا للبيئة . وكثير منها جفافية فى تركيبها العام مثل تلاندسية [٣] ، وكثير من السحلبيات . للأولى غطاء شعرى وللثانية بشرة غليظة الكوتنة وسطحها الورقى صغير نسبيا . ويتكون المجموع الجذرى

---

(١) Salicornia

(٢) Epiphytes

(٣) Tillandsia

للنباتات العالقة جزئيا من مواسك تثبت النبات،أو من جذور ماصة تتصل بالسطح المعلق منه النبات ، وفى بعض الأجناس ، يتكون من جـذور هوائية . وتعيش بعض النباتات العالقة فى بيئات رطبة دائما وليس لها تركيب جفافى .

النباتات المائية :

عدد الأنواع من النباتات الوعائية التى تنمو مغمورة فى الماء أو طافية ، أصغر من عدد النباتات الجفافية . ولا يظهر على النباتات المائية تباين فى تركيبها كما فى نباتات الجفاف ، فيقابل انتظام البيئات المائيـة اختلاف فى البيئات الجفافيـة . والعوامل التى تؤثر فى النباتات المائيـة أسـاسـا هى الحرارة ودرجة التركيز الاسموزى والتسـمم — ويعتمد العاملان الأخيران على كمية وطبيعة المواد فى المحلول — والصفات التركيبية المميزة للنباتات المائية أساسا هى اختزال الأنسجة الواقية والدعامية والناقلة ، ووجود غرف هوائية (يمكن ملاحظة قدرة التركيب الجفافى على مواجهة الجفاف عندما يعرض نبات جفاف مثل نبات سيدم [١] ونبات مائى مثل لسان البحر [٢] لظروف الجفاف ، فيبقى الأول حيا أياما عدة ، بينما يجف الثانى بعد ساعات قليلة جدا) .

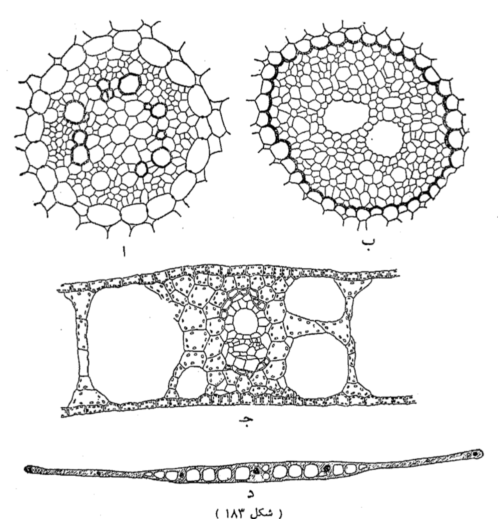
البشرة فى النباتات المائية :

هناك فرق واضح بين بشرة النباتات المائية وبشرة النباتات الهوائية من حيث التركيب والوظيفة . فالبشرة طبقة غير وقائية فى النباتات المائية ، ولكنها تمتص الغازات والمواد الغذائية من الماء مباشرة . ولهذه الطبقة أدمة متناهية الرقة ، وجدر سليلوزية رقيقة تسمح بالامتصاص من الماء المحيط بالنباتات . وتحتوى البشرة ، فى النباتات المائية عموما ، على بلاستيدات وهى تكون لذلك جزءا لا بأس به من نسيج البناء الضوئى ، خصوصا عندما تكون الأوراق رقيقة جدا . ولا توجد ثغور فى النباتات المائية المغمورة (ولو أنها قد تكون أثرية أحيانا) ، ويتم التبادل الغازى خلال الجدر الخلوية مباشرة . أما الأوراق الطافية للنباتات المائية فيحتوى سطحها العلوى على الثغور بكثرة .

---

(١) Sedum

(٢) Potamogaton



(شكل ١٨٣)

تركيب النباتات المائية · أ ، ب ، قطاع عرضى فى الهيكل الوعائى لساقى ، الفلفل المائى(١) ونوع من لسان البحر(٢) على الترتيب : أ ، أسطوانة الخشب مختزلة جدا ، أسطوانة اللحاء كاملة ، ب ، الخشب غير موجود ، وتوجد قنوات مكانه ، اللحاء واضح النمو ويحيط بالقنوات ، الجدر الداخلى للاندودرمس مغلظ جدا . ج ، د قطاعان عرضيان فى ورقة نوع أخر من لسان البحر(٣) المغمورة : د ، شكل تخطيطى مبينا اختزال الحزمة وعدم وجود خشب ، واختزال الاسكلرنشيمة ، وباقى الخلايا كلها رقيقة الجدران، تحتوى البشرة على بلاستيدات خضر ، ولا توجد ثغور . (أ ، ب عن شينك)

الأوراق المجزأة :

فى كثير من أنواع النباتات المائية ، تتجزأ الأوراق المغمورة الى أجزاء صغيرة جدا ، فتكون سطحا ورقيا كبيرا نسبيا ، ملاصقا للماء .وتسمح القطع الاسطوانية الرقيقة لهذه الأوراق بالاتصال المباشر بين نسيج البناء الضوئى والمـاء ، ومن

---

(١) Elatine Alsinastrum

(٢) Potamogaton pectinalis

(٣) Potamogaton epihydrus

أمثلة هذا النوع من النباتات المائية ذوات الأوراق المجزأة الحزنبل [١] وحامول الماء [٢]. وتوجد لبعض الأنواع ذوات الأوراق المغمورة المجزأة ، أوراق أخرى طافية أو هوائية ، كاملة ، مسننة أو مفصصة .

الغرف الهوائية :

يكثر وجود الغرف والممرات المملوءة بالغازات فى أوراق وسوق النباتات لمغمورة ، وتتكون فجوة تخزين الهواء من خليـــة واحدة ، ومع ذلك فالغرف الهوائية كبيرة ، منتظمة عادة ، كما تمتد المسافات البينية خلال الورقة وخلال الساق ، وتمتد فى الأخيرة الى مسافات طويلة عادة . وأحسن أمثلة لهذا النوع من التركيب تظهر فى أوراق لسان البحر (شكل ١٨٣ د ، جـ) ، بونتيديريه [٣] (شكل ١٨٤ أ) . ويفصل هذه المسافات حواجزمن نسيج البناء الضوئى عادة ثخانتها خلية احدة أو خليتان.وتمتد الغرف الهوائية النبات بنوع من الجو الداخلى. وظاهر أن الأكسجين الناتج من عملية البناء الضوئى يختزن فى هذه المسافات ويستعمل مرة أخرى فى عملية التنفس . كما أن ثانى أكسيد الكربون الخارجى من التنفس يحجز لاستعماله فى البناء الضوئى . ويحتمل أن تمنع الحواجز [٤] العريضة للممرات الهوائية فيضان الماء خلالها . وتساعد الغرف الهوائية على طفو الأعضاء التى توجد بها . ويساعد على الطفو أيضا ، وجود برنشيمة هوائية [٥] وهى أنسجة متخصصة يكثر وجودها فى النباتات المائية وتتميز بها ، على سبيل المثال أنواع من ديكودون [٦] وليثرم [٧] . والبرنشيمة الهوائية نسيج رقيق جدا من الناحية التركيبية ، تقفل الحواجز الرقيقة المسافات الهوائية به (شكل ١٨٤ جـ) ، وتعتبر الخلايا نسيجا فلينيا يكونه كمبيوم فلينى خاص ينشأ من البشرة أو القشرة . وخلايا الفلين صغيرة رقيقة الجدران ، تكون نسيجا رقيقا للغاية أثناء نضج الخلايا الفلينية الصغيرة وتستطيل كثيرا خلايا فردية من كل طبقة من طبقات هذا النسيج ، فى الاتجاه القطرى ، على مسافات منتظمة الأبعاد بينما تظل الخلايا الأخرى صغيرة . وتدفع استطالة الخلايا الناشئة من الطبقة الأخيرة الى الخارج ،

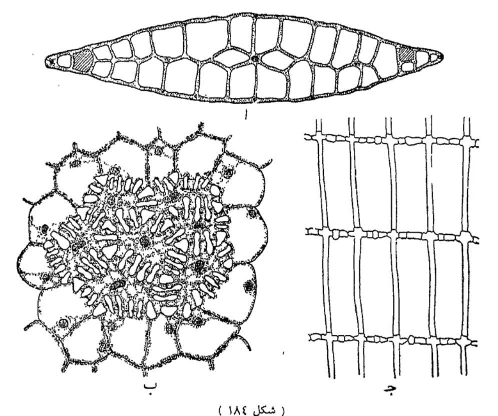
---

(١) Myriophyllum
(٢) Utricularia
(٣) Pontederia
(٤) Diaphragms
(٥) Aerenchyma
(٦) Decodon
(٧) Lythrum

وتكون غرفا هوائية مستطيلة موازية لمحور النبات الموجودة به . وتكون الخلايا المســتطيلة فى الاتجاه القطرى ، الجدر الجانبية للغرف ، كما تكون الخلايا التى لا تستطيل والمنعزلة عن صفوف الخلايا الماسية المجاورة ، تكون الجدر العرضية . ويستعمل مصطلح « برنشيمة هوائية » من الناحية الفسيولوجية ، للدلالة على أى نسيج به عدة مسافات بينية كبيرة . وقد تكون مثل هذه الأنســجة جزءا من القشرة أو النخاع ، من الناحية الشكلية ، وهى لذلك مختلفة تماما عن البرنشيمة الهوائية النموذجية المشروحة آنفا حيث أن الأخيرة ثانوية النشأة .

عدم وجود الاسكلرنشيمة :

لا تحتوى النباتات المغمورة على أنسجة أو خلايا سكلرنشيمية أو تحتوى على كمية قليلة منها عادة ، حيث يحمل الماء النبات ويحميه جزئيا من الاصابة ،



(شكل ١٨٤)

تركيب النباتات المائية . أ ، ب ، يونتيديرياكورداتا[1] : قطاع عرضى فى ورقة مغمورة ، مبينا الغرف الهوائيــة مخططة بخطوط مائلة . ب ، الحاجز بالتفصــيل مبينا الثقوب (وهى غير مظللة) . ج ، البرنشيمة الهوائية فى قطاع عرضى فى ديكودون[2] مبينا المسافات الهوائيــة مكونة نتيجة لاســتطالة خلايا خاصة من كل طبقة فلينية .

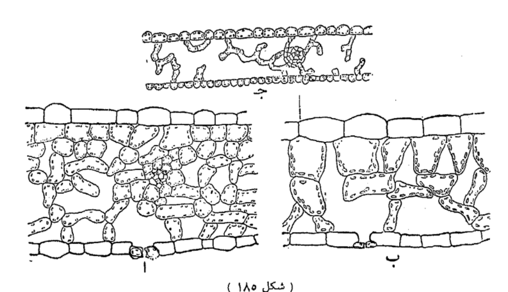
(١) Pontederia cordata

(٢) Decodon

قليلة ، ويشمل ذلك الهيكل الوعائى والحزم الوعائية الرئيسية (شكل ١٨٣ أ) . كما تزيد كثافة الأنسجة والجدر الغليظة ، وفى بعض النباتات ، الكولنشيمة ، تعطى بعض الصلادة ، ولكن النباتات المغمورة ، خصوصا الأوراق والسوق الصغرى ، رخوة عادة وتنقلص عندما تنتزع من الماء . وتظهر أحيانا أشرطة سكلرنشيمية خصوصا على طول حواف الأوراق . ويبدو أنها تزيد من قوة الشد فى هذه الحالة .

اختزال الأنسجة الوعائية والماصة :

النبات المائى اما مغمورة فى محلول عذائى أو طاف فرقه . ويلاحظ أن الأجزاء التى تمتص الأملاح المعدنية والماء من التربة فى النباتات الأرضية وتنقلها داخل النبات ، تختزل للغاية أو تختفى من النباتات المائية . فالمجموع الجذرى مختزل للغاية عادة ، يؤدى وظيفته أساسيا كماسك أو مثبت . ويتم الجزء الأكبر من الامتصاص خلال الأوراق والسوق . وتوجد بالنباتات المائية كل درجات اختزال المجموع الجذرى ، فاذا لم يكن اختزال الجذور كبيرا ، فان الشعيرات الجذرية تختفى عادة ، ويحتمل الا تمتص الجذور الماء باى مقدار . وأكثر الأنسجة



(شكل ١٨٥)

تركيب أوراق نباتات الظل . أ ، جفرسونية[١] ب ، سيرسيا ألبينا[٢] ، جـ ، كريبتوجراما ستيلليرى [٣] تبين هذه الأوراق النسيج المتوسط سائبا ، والطبقة العمادية ضعيفة أو مختفية ، والبشرة ضعيفة الكوتنة — جـ — نوع متطرف يظهر به أثر الظروف المائية ، كما توجد بلاستيدات خضر بالبشرة

(١) Jeffersonia diphylla

(٢) Circaea alpina

(٣) Cryptogramma stelleri

الوعائية اختزالا هو نسيج الخشب . ولا يتكون فى كثير من الأنواع الا من عناصر قليلة وأحيانا لا توجد عناصر الخشب فى الهيكل الوعائى والحزم الكبيرة ، كما لا توجد فى الحزم الصغيرة غالبا . ويوجد فى هذه النباتات فجوات خشب تظهر بوضوح تام مكان الخشب (شكل ١٨٣ ب ، ج) وتشبه هذه الفجوات الغرف الهوائية النموذجية . ويتكون اللحاء ، رغم اختزال كميته اذا قورن بلحاء النباتات الوسيطة ، بدرجة لا بأس بها اذا قورن بالخشب . ويشبه لحاء النباتات العشبية الصغيرة ، فى أن الأنابيب الغربالية أصغر من زميلاتها بالنباتات الخشبية . ويبين شكل ١٨٣ ج ، د هذه الحزم المختزلة فى ورقة لسان البحر ويكثر وجود طبقة الاندودرمس فى النباتات المائية ولكنها ضعيفة التكوين عادة .

أوراق نباتات الظل :

تحتوى أوراق النباتات التى تنمو فى ظل كثيف على طبقات عمادية ضعيفة التكوين . ويظهر هذا النوع من تركيب الورقة فى كثير من النباتات الوسطية كنبات الغابات البطيئة النمو مثل جيفر سونيه (شكل ١٨٥ أ) . وتختفى الطبقات العمادية من الأنواع الأكثر تطرفا والتى تعيش فى هذه البيئات كما فى كريتوجراما (شكل ١٨٥ ج) وهو سرخس ينمو فى أرض رطبة ، مظللة . وربما احتوت البشرة على بلاستيدات خضر وتصبح جزءا من نسيج البناء الضوئى . وتنتشر الثغور المائية بكثرة بين النباتات النامية فى جو مشبع .

النباتات المتطفلة(١):

هناك تحورات تركيبية ظاهرة فى النباتات الوعائية المتطفلة والمترممة وآكلة الحشرات حيث يعتمد النبات كليا أو جزئيا على غيره من الكائنات . ولا توجد جذور النباتات الوعائية المتطفلة عادة الافى مرحلة البادرة قبل الاتصال بالعائل . ومن الأمثلة المعروفة للنباتات المتطفلة الحامول(٢) وكونوفوليس (٣) وفيها تتصل للبادرة فى أطوار حياتها المبكرة بوساطة ممصات تتصل بالنسيج الناقل للعائل مباشرة . يتصل خشب ولحاء العائل مباشرة فى منطقة الاتصال ، ويمد العائل المتطفل بالماء والأملاح المعدنية والمواد الغذائية . ويتصل خشب ولحاء المتطفل اتصالا

(١) Parasites
(٢) Cuscuta
(٣) Conopholis

مباشرا مع خشب ولحاء العائل نتيجة لذوبان الأنسجة الخارجية للعائل بوساطة أنزيمات يفرزها المتطفل فقط عند الاتصال حيث تتكون الممصات (شكل ١٨٦ ب). ثم تنشأ بالمتطفل أنسجة وعائية ثانوية تساعد على استمرار الاتحاد مع أنسجة العائل الجديدة .

وتختزل كثيرا كل أنسجة البنـاء الضوئى فى النباتات المتطفلة الحقيقية ، لا يبقى منهـا الا أجزاء أثرية ، وقد لا توجد بتـاتا . كما تختزل الأوراق الى حراشـيف فى نباتات أخرى مثل الحامول وارسيونوبيام ز[١] ولا توجد مادة اليخضور فى جميع أجزاء النبات . وقد يكون الحامول عددا كبيرا من الاتصالات بالعائل . وتتصل نباتات أخرى مثل كونوفوليس والهالوك[٢] بالعائل عند نقطة اتصال واحدة فقط ولكنها تتعمق كثيرا داخل العائل . وربما كون المتطفل محورا زهريا فقط فى مثل هذه الأنواع . وهناك ، بجانب هذه النباتات الكاملة التطفل والتى تعتمد على العائل كلية فى الغذاء والماء ، توجد أيضا نباتات أخرى تسمى نصف متطفلة ، وهى التى يبدو أنها تكون جزءا من غذائها الخاص رغم اتصالها المباشر بالأنسجة الوعائية للعائل.ومن أمثلتها المعروفة فيسكم[٣]وفورادندرون[٤] فيحصل المتطفل على الماء والأملاح المعدنية من العائل كلية . وربما كون المتطفل الكربويدراتات ولو جزئيا . والأنسجة الوعائية فى مثل هذه النباتات المتطفلة مختزلة كثيرا ، ويتكون النسيج الدعامى فى السوق من الاسكلرنشيمة وحدها تقريبا .

النباتات المترممة[٥] :

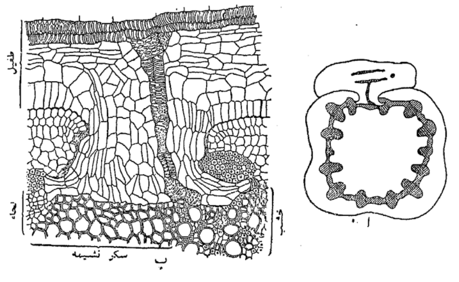
تشير كلمة مترممة كما يشيع استعمالها فى النباتات الوعائية ، الى مجموعة من الأنواع النباتية خالية من اليخصور ، ويقال انها تحصل على غذائها من المواد العضوية المتحللة مثلما تفعل كثير من الفطريات . وكثير من هذه النباتات ، وربما كلها ، مرتبطة نوعا بالفطريات فى أجزائها الأرضية . وترتبط الطريقة التى تتبعها هذه النباتات فى الحصول على المواد الغذائية بشكل ما — ما زال غير مفهوم تماما — بالنشاط الفسيولوجى لهذه الفطريات.ولكن الواضح أن هذه النباتات ليست

---

(١) Arceuthobium
(٢) Orobanche
(٣) Viscum
(٤) Phoradendron
(٥) Saprophytes

مترممة تماما ، لأنها متكافلة على الأقل ، الى حد ما ، أو متطفلة على أنواع أدنى ، أو مرتبطة بها فى غذائها .ولا يستحسن وصف هذه النباتات بالمترممة حتى تدرس طرق تغذيتها دراسة تامة .وتركيب مثل هذه النباتات مختزل جدا عادة — الأوراق تشبه الحرشفية والسوق معظمها مختزلة الى محاور نورات . كما يلاحظ اختزال كبير وبساطة فى التركيب الداخلى أيضا . فالخشب واللحاء قليلا الكمية ، وخلايا هــذه الأنسجة غير مكتملة غالبا ، ويندر وجود الاسكلرنشيمة . وقد تكون الجذور كثيرة تامة التكوين بالنســبة للأجزاء الهوائية كما فى مونوتروبا [١] أو لا توجد ، حيث تحل محلهـا الريزومات كما فى كورا للورهيزا [٢] . وإنما وجدت جذور ، فهى غريبة التركيب عادة . وتكون الجذور ذوات الشكل غير العادى بالاشتراك مع خيوط الفطرة المرتبط بها ، تكون الجذر فطريات [٣].

وهناك نوعان من الجذر فطريات خارجية ، وهى التى يكون الغزل الفطرى فيها طبقة سطحية نوعا ، أو غلافا حول الجذور ، وداخلية ، وفيها توجد خيوط



(شكل ١٨٦)

اتصال ممصات المتطفل بالعائل . الحامول على الشبيط [٤] . أ ، شكل تخطيطى مبينا قطاعا عرضيا فى ساق العائل ، وقطاعا مائلا فى ســاق المتطفل ، وقطاعا طوليا فى ممص مخترق العائل حتى أنســجة الوعائية ، ب ، جزء تفصيلى مبينا الممص والانسجة المحيطة به . وتظهر الانسجة الوعائية للمتطفل متصلة بمثيلاتها للعائل

---

(١) Monotropa

(٢) Corallorrhiza

(٣) Mycorrhiza

(٤) Bidens

الفطر داخل أو بين الجذر . وتكون خيوط الفطر ، فى الجذر فطريات الخارجية ، ما يشبه لحمة النسيج ، وتغلفة كما يغلف القفاز الأصبع . ويتصل الغزل الفطرى بالجذر أتصالا تاما، كما تمر بعض الخيوط بين وحول خلايا البشرة وتحت البشرة. وتتخلل الخيوط الفطرية قليلا بين الخلايا الخارجية فى بعض الأنواع ، ولكنهـا تحيط بخلايا البشرة وعدة طبقات خارجية أخرى من القشرة،فى غيرها من الأنواع. وتظهر الجذيرات المملوءة بخيوط الفطر بهذه الطريقة ، غير عادية التركيب — فليست لها قلنسوات أو شعيرات جذرية ، ونموها فى الطول محدود وهى لحمية ، أنسجتها الناقلة مختزلة للغاية . وقد تتضخم الجذور فى الجذر فطريات الداخلية وتصبح لحمية ، ولكن الأنسجة الوعائية مختزلة بدرجة أقل . وتقتصر خيوط الفطر على جزء خاص من القشرة عادة ، حيث تظهر طبقة محدودة من الخلايا المصابة . وتبدو العلاقة غامضة بين النباتين اذا كان النبات الجذرى غير أخضر .

وتظهر الجذر فطريات على كثير من النباتات الخضراء أيضا ، وهى معروفة فى كثير من أجناس أشجار الغابات ، وفى كثير من نباتات الأراضى الدبالية .

وما زالت العلاقة بين الفطر والنبات الوعائى غير مفهومة ، ويحتمل أن يكون تطفل فطريات بزيدية على نبات أخضر . وربمـا وجد تكافل فى بعض الأنواع الداخلية .

ويعتبر ما سـبق ذكره ملخصـا لبعض التحورات التركيبية فى النباتات . أما التفاصيل فلا يمكن حصرها عددا أو نوعا . ويمكن مقارنة تركيب هذه النباتات بالنباتات الوسطية .

REFERENCES — المراجـــع

CLEMENTS, E. S.: The relation of leaf structure to physical factors, *Trans. Amer. Micro. Soc.*, **26**, 19-102, 1905.

CONSTANTIN, J.: Études sur les feuilles de plantes aquatiques, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **3**, 94-162, 1886.

DUFOUR, L.: Influence de la lumière sur la forme et la structure des feuilles, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **5**, 311-413, 1887.

HABERLANDT, G.: Anatomisch-physiologische Untersuchungen über des tropische Laubblatt, II. Ueber wassersecernirende und -absorbirende Organe, *Sitzungsb. Math. Naturwiss. Classe Kais. Akad. Wiss. Wien.*, **103**, 489-538, 1894. **104**, 55-116, 1895.

HANSON, H. C.: Leaf structure as related to environment, *Amer. Jour. Bot.*, **4**, 533-560, 1917.

HAYDEN, A.: The ecologic foliar anatomy of some plants of a prairie province in central Iowa, *Amer. Jour. Bot.*, **6**, 69-85, 1919.

LECLERC DU SABLON: Recherches sur les organes d'absorption des plantes parasites (Rhinanthées et Santalacées), *Ann. Sci. Nat. Bot*, 7 sér., **6**, 90-117, 1887.

McDOUGALL, W. B.: On the mycorhizas of forest trees, *Amer. Jour. Bot.*, **1**, 51-74, 1914.

SAUVAGEAU, C.: Sur les feuilles de quelques monocotylédones aquatiques, *Ann. Sci. Nat. Bot.*, 7 sér., **13**, 103-296, 1891.

SCHENCK, H.: Ueber das Aërenchym, in dem Kork homologes Gewebe bei Sumpfpflanzen, *Jahrb. Wiss. Bot.*, **20**, 525-574, 1889.

——: Vergleichende Anatomie der submersen Gewächse, *Bibl. Bot.*, **1**, 1-67, 1886.

SCHIMPER, A. F. W.: "Plant Geography upon a Physiological Basis," Engl. trans., Oxford, 1903.

STARR, A. M.: Comparative anatomy of dune plants, *Bot. Gaz.*, **54**, 265-305, 1912.

WARMING, E.: "Ecology of Plants," Engl. trans., Oxford, 1909. (Extensive bibliography.)

WOODHEAD, T. W.: Ecology of woodland plants in the neighborhood of Huddersfield, England, *Jour. Linn. Soc. Bot. London*, **37** 333-406, 1906.

دليـــــل المصطلحات

(١) انجليزى — عربى

(A)

Abies تنوب
- stem apex قمة الساق
- trabeculae زوائد جداريه
- wood خشب

Abscission انفصال
- floral parts الأجزاء الزهرية
- leaves أوراق
- phloem لحاء
- stem ساق
- zone منطقة

Absorption امتصاص
- root hairs شعيرات جذرية
- epidermis بشرة

Abutilon أبوطيلون
- collenchyma كولنشيمة

Acacia سنط

Acer اسفندان
- bark قلف
- cuticle ادمة
- fruit ثمرة
- leaf abscission انفصال الورقة
- منطقة التحول بين الجذر والساق root-stem transition
- wood خشب
- تعرق الخشب — تجزع الخشب grain of wood
- parenchyma برنشيمة
- رقط نخاعية شعاعية pith-ray flecks
- pit-pair نقرة مزدوجة
- rays أشعة
- vessel element عنصر وعائى

Aceraceae الفصيلة الاسفندانية
- leaf trace مسير الورقة

Achene فقيرة
- pericarp غلاف ثمرى
- seed coat غلاف البذرة

Achras سبوت
- latex لبن نباتى
- chicle علك
- periderm in fruit قلف الثمرة

Acorus عود الوج
- vascular bundle حزمة وعائية
- (المجموع الوعائى) الجهاز الوعائى vascular system

Adlumia ادلومية

Adnation التحام

Aerenchyme نسيج تهوية

Aeschynomene شجر الخفاف

Aesculus قسطنة — أسكولس
- plasmodesmata روابط بلازمية
- endosperm اندوسبرم

Agathis أجاث
- abscised branch فرع منفصل
- heartwood خشب صميمى
- kauri gum صمغ الكاورى
- كمبيوم مسير الورقة leaf-trace cambium
- resin راتنج

Agave سيسل
Agrimonia غافث
خلايا الأشعة اللحائية
phloem-ray cells
كمبيوم بين حزمى أثرى
vestigial interfascicular cambium
Agrostis أروا
sclerenchyma سكلرنشيمة
Ailanthus شجرة السماء
starch نشا
Air chambers غرف هوائية
Ajuga عرسف
Alburnum (sapwood) خشب رخو
Aleurone grain حبيبه اليرونية
Alkaloids قلوانيات
Allium جنس البصل
مرستيم بينى
intercalary meristem
Almond لوز
Alnus حورة (النوس)
أشعة خشبية متجمعة
aggregate xylem rays
Aloe صبار
cambium كمبيوم
periderm قشرة فلينية
Alsinastrum السيناسترم
Alstroemeria الستروميريا
inferior ovary مبيض سفلى
Amaranthaceae فصيلة عرف الديك
accessory cambium كمبيوم اضافى
medullary bundles حزم نخاعية
Amaryllis امرلس
seed coat غلاف البذرة

Amelanchier مشملة
petal بتله
Amentiferae امنتفرا
Amygdalus لوز
Ananas اناناس
Anastomosis التحام
Anchusa أنخوسة
corolla تويج
Andromeda اندروميده
Anemarrhena اينمارهينا
Angelica حشيشة الملاك
oil canal قناة زيتية
petiole bundle حزمة عنقية
Angiosperms كاسيات البذور
anomalous structure تركيب شاذ
collateral bundle حزمة جانبية
companion cell خلية مرافقة
endodermis اندودرمس
fiber ليفة
gelatinous جيلاتينى
leaf gap فرجة ورقية
خلية شعاعية حافية
marginal ray cell
أصل الجذور الجانبية
origin of lateral roots
استدامة الأوراق
persistence of leaves
internal phloem لحاء داخلى
primary phloem لحاء ابتدائى
tracheid قصيبة
protoxylem خشب أول
root apex قمة الجذر
stem apex قمة الساق
tyloses تيلوز
Annual ring حلقات سنوية

امتداد مسير الورقة
Extention of leaf trace

كمبيوم مسير الورقة
Leaf-trace cambium

اوراق مستديمة
Persistent leaves

Arceuthobium جنس أرسيطوبية
Arctium جنس الأركتيوم
Arisaema ذخف
Chromoplast بلاستيده ملونة
Chloroplast بلاستيده خضراء
Aristolochia جنس الزراوند
Anomalous stem ساق شاذة

مسير البتلات المفقودة
Traces to lost petals

Aristolochiaceae فصيلة الزراوند
Artemesia جنس الشيح
Artocarpus شجرة الخبز
Asarum اسارون
Asclepiadaceae فصيلة العشارية
Asclepias جنس العشار

الجهاز الوعائى الابتدائى
Primary vascular system

Asimina جنس البباو
Asparagus جنس الهليون
Aspidium سرخس اسبديوم

الهيكل الوعائى فى الورقة
Vascular skeleton of leaf

Aster اسطر

انضغاط الأنسجة الخارجية
Compression of outer tissues

Aubdietia اوبزيشيا
Avena جنس الشوفان

محور هوائى وارضى
Axis, aerial and subterranean

Anther wall جدار المتك
Anthocyanin صبغ الانثوسيانين

نظرية الخلية القمية
Apical-cell theory

Apical cell الخلية القمية
Axis المحور
Floral apex الطرف الزهرى
Apical meristems المرستيم القمى

خلايا اللحاء الأول البالغة
mature cells of protophloem

initial بداءه
Apios بقلة الأرض
Apium جنس البقدونس
Aplectrum جنس الكترة
Apocynaceae الفصيلة الأبوسينية

النمو الانحشارى
Intrusive growth

أنبوبة لبنية بسيطة
Nonarticulate latex duct

Aponogeton زعرور الماء
Appendages زوائد
Apple تفاح
Pyrus malus
Apposition تراكب

نباتات مائية
Aquatic plants (Hydrophytes)

Aquilegia اخيليا
Follicle ثمرة جرابية
Araceae فصيلة القلقاس
Venation تعرق
Aralia أراليا
Araucaria أروكاريا

برنشيمة الخشب
Wood parenchyma

Compression wood خشب كبس

Ontogeny — نشوء (الفرد أو العضو)

(B)

Balsaminaceae — فصيلة البلسم
Banana (see Musa) — موز
Banksia — بانكسيا
Bark — قلف
  Exfoliation of — تقشر
  Ring bark — قلف حلقى
  Scale bark — قلف حرشفى
Bars of Sanio — قضبان سانيو
Bast — لحاء
Bauhinia — جنس البوهينيا
Beet (see Beta) — بنجر
Begonia — جنس البجونيا
  Root germs — بداءة الجذر الجانبية
Berberidaceae — فصيلة عود الريح
Berries — ثمار لبية
  Epidermal cells — خلايا البشرة
Beta — بنجر
Betula — تامول
  Abscission of leaves — انفصال الأوراق
  Annual rings — حلقات سنوية
  Cork cells — خلايا فلينية
  Lenticel — عديسة
  Phellem — فلين
  Clustered vessels — أوعية متجمعة
  Curly grain — تجزع أو تعرق تجعدى
  ring porous — خشب حلقى المسام
  Diffuse-porous — خشب منتشر المسام
  Heartwood — خشب صميمى
  Vessel element — عنصر وعائى
Bidens — جنس الحسيكة
  Host to *Cuscuta* — عائل للحامول
Bignonia — جنس البجنونيا
Binucleate cells — خلايا ثنائية النواة
Birch (see *Betula*) — تامول
Black walnut (see *Juglans*) — جوز أسود
Blackberry (see *Rubus*) — توت شوكى
Blephilia — جنس البليفيليا
  Fusion in calyx — التحام الكاس
Blueberry (see *Vaccinium*) — آس برى
Boraginaceae — فصيلة لسان الثور
  Medullary sheath — غلاف نخاعى
Bordered pit-pair — نقرة مضفوفة مزدوجة
  Scar periderm — ندبة فلينية
Branch bases — قواعد الفروع
  Burial of, — انطمار
Branch gap — فرجة الفرع
Branch trace — مسير الفرع
Brasilian rubber tree (see *Hevea*) — شجرة المطاط البرازيلية
Bryophyllum — جنس البريوفيللم
Bryophytes — حزازيات
  Apical cell — خلية قمية
Bud scales — حراشيف برعمية
  Secretory cell — خلية افرازية
Budding — تبرعم
Bundle ends in leaves — نهايات الحزم فى الأوراق
Bundle sheath — غلاف الحزمة
Burls — تضخمات ــ انتفاخات

(C)

Cactaceae الفصيلة الشوكية

جنس المرموزة (دمشقية)
Calceolaria

Callus كالوس

Sieve elements عناصر غربالية

Calocarpum جنس الكالوكاريوم

Calycanthaceae الفصيلة الكاليكانثة

Calycanthus جنس الكاليكنثس

Calyptrogen منشىء القلنسوة

Calyx كأس

Cambium كمبيوم

Accessory كمبيوم اضافى

Grafting تطعيم

Fascicular كمبيوم حزمى

رقعة نقرية ابتدائية
Primary pit-fields

بين حزمى
Interfascicular Cambium

ذوات الفلقة الواحدة
Monocotyledons

كمبيوم طبقى ـ مصفوف
Storied Cambium

Cambium miners ثاقبات الكمبيوم

Campanulaceae الفصيلة الناقوسية

فراغات شبه قنوية
Canal-like cavities

فراغات رحيقية حاجزية
Septal nectaries

Simple pits نقر بسيطة

Canals قنوات

resin canals قنوات راتنجية

Canna جنس الكانا

Cannabis جنس القنب

Caprifoliaceae فصيلة البيلسان

مسيرات الكربلة المفقودة
Traces to lost carpel

Vestured pits نقر مكسوة

Carica جنس الباباظ

بللورة متجمعة ـ بللورة نجمية ـ
Druse بللورة وردية

Caricaceae فصيلة الباباظ

انبوبة لبنية مركبة
Articulate latex duct

نباتات آكلة اللحوم أو لواحم
Carnivorous plants

Carotenes, carotins كاروتينات

كاروتينويدات ـ اصباغ كاروتينية
Carotinoids اشباه كاروتين

Carpels كرابل (ومفردها كربلة)

Bundle fusion التحام الحزم

Syncarpy التحام الكرابل

Carpinus جنس الكاربينوس

Aggregate rays اشعة متجمعة

Carrot جزر

Carya جنس الكاريا

Bundle sheath غلاف الحزمة

nut shell قشرة بندقة

root cuttings عقل جذرية

libriform fibres الياف مستدقة

Caryophyllaceae الفصيلة القرنفلية

المسيرات الأثرية فى الزهرة
Vestigial traces in flower

Casparian dots بقع كسبارية

strips اشرطة كسبارية

Castanea جنس الكستناء

التعرق الجعدى فى الخشب
Curly grain in wood
تحمل الخشب – احتمال الخشب
Durability of wood
Inflorescence نورة
كمبيوم فلينى – كمبيوم الفلين
phellem
Secondary phloem لحاء ثانوى
Castilloa جنس الكاستلة
Casuarina جنس الكازورينا
Catalpa جنس كاتالبا – جنس كتلبة
خشب حلقى المسام
ring-posons wood
برنشيمة حول وعائية
Vassicentric parenchyma
Caulophyllum جنس آذان الأسد
Ceiba جنس الكابوك
Celastrus جنس سلاستروس
Celery Apium كرفس
Cell خلية
Albuminous زلالية
Annular حلقى
Cambiform كمبيومية الشكل
inclusions محتويات
passage *cell* خلية مرور
cell plate صفيحة خلوية
cell sap عصير خلوى
خلية انتقال – خلية موصلة
transfusion *cell*
Cell wall جدار الخلية
تغلظ بالطرد المركزى – تغلظ للخارج
Centrifugal thickening of
الطبيعة الكيمائية
chemical nature
dentation تسنن

gross structure تركيب اجمالى
mineralization تمعدن
minute structure تركيب دقيق
sclereids خلايا حجرية
sculpture نحت . خرفشة
حواجز فى القصيبات الليفية
septa in fibre-tracheids
silica سيليكا
خلايا حصوية – خلايا صلبة
grit cells
permanent cells خلايا دائمة
خلايا اللحاء الوالدة
phloem mother cells
خلايا الأشعة اللحائية
phloem ray cells
خلايا الخشب الوالدة
xylem mother cells
Cellulose سليلوز
ترتيب اللويفات فى جدار الخلية
orientation of fibrils in cell wall
Central cylinder الاسطوانة المركزية
Centrospermae مركزية البذور
Cephalanthus سيفالانش
Ceroxylon جنس نخل الشمع
Chenomeles جنس الكينوميلس
Chenopodiaceae الفصيلة الرمرامية
جنس الرمرام – الزربيح
Chenopodium
الجهاز الوعائى الابتدائي
primany vascular system
Cherry كرز
Chestnut أبو فروة – كستنا
Chimaeras كيميرات
periclinal chimaera محيطية

كولنشيمة Collenchyma
قشرة Cortex
نباتات مائية Hydrophytes
عميد Columella
جنس العسمة Combretum
لحاء بين خشبى
interxylary phloem
فصيلة الوعلان (أو الكوملين) —
الفصيلة الوعلانية
Commelinaceae
خلايا مرافقة Companion cells
الفصيلة المركبة Compositae
التلجنن فى اللحاء
lignification in phloem
غلاف البذرة seed coat
توصيل Conduction
المخروطيات Coniferae
نقر مضفوفة مزدوجة
bordered pit pairs
ثقوب فى غشاء النقرة
perforations in pit membranes
تيلوزيداث tylosoids
نسيج ضام Conjunctive tissne
جنس كونوفولس Conopholis
الفصيلة العليقية Convolvulaceae
العليق Convolvulus
نخلة الشمع Copernicia
جنس الكورالوريزا Corallorrhiza
جنس زنبق النخيل Cordyline
فلين طبقى — مصفوف
storied cork
جنس كوريوبسيس Coreopsis
فلين Cork
كمبيوم فلينى cambium

جنس زهرة الثلج Chionanthus
يخضور Chlorophyll
بلاستيدات خضر Chloroplasts
خلية النسيج المتوسط
mesophyll cell
جنس التوديا Todea
السبحيات Chondriosomes
بلاستيدات ملونة Chromoplasts
جنس الكريزانثيم — الأراولة
Chrysanthemum
نبات القرفة Cinnamon
جنس العشرق Circaea
الحنظل Citrullus
جنس الموالح — جنس الحمضيات
Citrus
غدد انقراضية lysigenous glands
فراغ زيتى oil cavity
لب pulp
جنس كلاركيا Clarkia
جنس ياسمين البر — كلماتس
Clematis
لحاء كامن dormant phloem
جنس كليثرة Clethra
غشاء غالق Closing membrane
الحزازيات الصولجانية Club mosses
خارجى الخشب الأول
exarch xylem
عمود وعائى أولى — عمود وعائى مصمت
protostele
نارجيل Coconut
جنس النارجيل Cocos
القلف rhytidome
تماسك — التصاق Cohesion
كوليوس Coleus

primary skeleton	هيكل ابتدائى
Cucurbitaceae	الفصيلة القرعية
bicollateral vascular bandle	حزمة وعائية ثنائية اللحاء
placental	مشيمى
Curcuma	جنس الكركم
Cuscuta	جنس الحامول
Cuticle	ادمة
Cuticular pegs	بروزات ادمية
Cuticularization	تادم
Cutinization	تكوتن
Herbaceous moncots	نبـاتات عشبية من ذوات الفلقة الواحدة
Roots of Ptridphytes	جذور النباتات التريدية
xerophytes	نباتات جفافية
Cycads	السيكاديات
girdling traces	مسيرات حازمة
Cycas	سيكاس
Cyperus	جنس السعد
Cypripedium	جنس السبيريديوم
Cystolith	حجر التوازن
Cytoplasm	سيتوبلازم

(D)

Dalibarda	جنس الداليباردة
ovary	مبيض
Dandelion(Taraxacum)	هندباء برى
Darbya	جنس الدربية
Dasylirion	دازيليريون (أبرة آدم)
Date	نخيل البلح
Daucus	جنس الجزر
Deciduons plants	نباتات سليبة — مرداء (متساقطة الأوراق)

Cork oak	بلوط الفلين
Quercus suber	بلوط الفلين
Cornus	جنس القرنوس
ray cells	خلايا شعاعية
Corolla	تويج
reduction	اختزال
Corpus	جسم
Cortex	قشرة
bundles of	حزم القشرة
photosynthetic	تقوم بالبناء الضوئى
snberization of primary cells	تسوبر الخلايا الابتدائية
tannin	تانين
Corylus	جنس البندق
Cotoneaster	جنس كوتونستر
Cotton fibres	الياف قطن
Crassulaceae	الفصيلة الكرسيولية
Crasulae	جنس كرسيولا
Crataegus	جنس الزعرور
Crotch angles	زوايا هلالية
Cruciferae	الفصيلة الصليبية
Crushing of cortex	سحق القشرة
distortion of tissues	تشوه الأنسجة (التواء)
Cryptogramma	مرض كريبتوجراما
Cryptomeria	جنس كريبتوميرية
Cryptostegia	جنس كريبتوستجية
Crystal sand	رمل بللورى
Crystalloids	بلورانيات
protein	بروتين
Cucumis	جنس المقات
Cucurbita	جنس القرع

Decodon جنس الديكودن
Defoliation انجراد الأوراق
growth-ring حلقة نمو
Dehiscence تفتح
Delphinium جنس العايق
Dermatogen منشىء البشرة
Dianthera جنس الديانثيرة
Diaphragm حجاب — حاجز
Dicliptera جنس الطونة
Dicotyledons ذوات الفلقتين
bundle ends نهايات الحزم
endodermis اندودرمس
medullary bundles حزم نخاعية
اندودرمس ابتدائى
primary type endodermis
root apex قمة الجذر
twig فرع
xerophytic stem ساق جفافية
Dictyostele عمود وعائى شبكى
Differentiation تميز — تنوع
جنس ديجيتال (اصبع العذراء)
Digitalis
جنس ديونيا — خناق الذباب
Dionaea
Dioscoreae فصيلة ديوسقوريدوس
جنس الأبنوس
Diospyros (Persimmon)
fusiform مغزلية
cell arrangement ترتيب الخلايا
Dipsacus جنس مشط الراعى
Dirca جنس دركا
Distortion تشويه — التواء
Dracaena جنس دراسينا
Drosera جنس ورد الشمس

digestive gland غدة هضمية
Drupe حسلة
بللورات متجمعة — بللورات وردية —
Druses بللورات نجمية
Dry fruits ثمار جافة
pericarp غلاف الثمرة
Duabanga جنس الدوبانجة
Duchesnea جنس الدوشسنة
achene ثمرة نقيرة
Dulichium جنس الدوليكيم
جهاز وعائى ابتدائى
primary vascular system
خشب صميمى
Duramen (heart wood)

(E)

Ebony ابنوس
Ecological anatomy تشريح بيئى
epiplytes نباتات عالقة
parasites متطفلة
saproplytes رمية
shade leaves أوراق ظل
Elatine جنس الفلفل المائى
Elongation استطالة
xylem maturation نضج الخشب
protophloem لحاء أول
protoxylem خشب أول
Elymus جنس حشيشة اليم
Embrys جنين
Emergence بزوغ — ظهور
Endocarp الجدار الداخلى للثمرة
Endodermia اندودرمس
Endosperm اندوسبرم
exalbuminous لا اندوسبرمية
borny قرنى

Entada جنس انتادة
نباتات آكلة الحشرات
Entomophilons plants
Environment بيئة
aquatic مائى
mesophytic وسطى
Enzyme انزيم
gummosis تصمغ
هاضمة للبروتينات
protein-digesting
secretion افراز
Ephedra جنس العلد — عدم
biseriate ثنائية الصفوف
multiseriate متعددة الصفوف
lignification تلجنن
Epidermis بشرة
نشأة النسيج الهوائى
origin of aerenchyma
xerophytic leaves أوراق جفافية
Epigaea جنس زهرة مايو
Equisetum جنس ذيل الحصان
مرستيم بينى
intercalary meristem
ترسب الأملاح على جدر الخلايا
mineralization of cell walls
Ergastic snbstances مواد أيضية
Ericaceae الفصيلة الخلنجية
placental bundles حزم مشيمية
Erythrina جنس أريثرينا
Eucalyptus جنس يوكالبتس
جنس يونيموس (عرقية الراهب)
Euonymus
Eupatorium يوباتوريوم — الفافث

جنس السوسب — يتوع
Euphorbia
الفصيلة السوسبية
Euphorbicaceae
مراحل التعدد النووى للعناصر الوعائية
multinucleate stages of vessel elements
nectaries غدد رحيقية
Evergreen trees أشجار دائمة الخضرة
Exfolation of bork تقشر القلف
Exocarp الجدار الخارجى للثمرة
Exodermis اكسودرمس
Expansion theory نظرية التمدد

(F)

Fagaceae فصيلة الزان
Fagus جنس الزان
sclereids اسكلريدات
Fats دهون
Ferns سراخس
amphicribral محيطية اللحاء
خشب وسطى الخشب الأول
mesarch xylem
mucilage مخاط
stelar type نوع العمود الوعائى
Festuca جنس العكرش
Fibre-tracheid قصيبة ليفية
septate مجزأ — مقسم
fibril لييفة
Fibers الياف
bast fibre... ليفة لحائية
(development of) تطور
gelatinous wall جدار جيلاتينى

ليفة خشبية مستدقة
libriform wood fibre
pericyclic fibre ألياف بريسيكل
sheaths of أغلفة
قصيبات الخشب المتأخر
latewood tracheids
حزمة وعائية ليفية
Fibrovascular bundle
Ficus جنس التين
Flavones أصباغ الفلافون
Flax (Linum) كتان
Fleshy fruits ثمار غضة
ripening نضج
stony layer الطبقة الحجرية
texture of قوام
Floerkia جنس فلوركيا
Floral apex قمة زهرية
appendages زوائد زهرية
Flower زهرة
apetalous عديمة البتلات
unisexual وحيدة الجنس
vascular skeleton هيكل وعائى
vascular structure تركيب وعائى
Foliar traces مسيرات ورقية
Follicle ثمرة جرابية
Food storage ادخار الغذاء
قشرة ثانوية ــ فلودرم
phelloderm
Forsythia جنس فورسيثيا
Fossil plants نباتات حفرية
polysteles تعدد العمود الوعائى
عمود وعائى أولى ــ عمود وعائى
protostele مصمت
Fragaria جنس الشليك
Fraxinus جنس المران
Freesia جنس فريزيا
Frost صقيع
تراكيب اضافية
accessory structures
Fruit ثمرة
ثمرة متضاعفة (متجمعة)
multiple
ontogeny نشوء تكوينى
winged مجنحة
Fumaria جنس فوماريا
Fundamental tissue نسيج أساسى
Fungus فطرة
تآكل فى الجدار الخلوى
erosion in cell wall
mycorrhizae جذر فطريات
Fusion (adnation) التحام
cohesion تماسك ــ التصاق
الهيكل الوعائى الزهرى
floral vascular sketon

(G)

Gall ورم ــ (ثؤلولة)
Glautheria جنس جلثيريا
Gaylussacia جنس جايلوساكية
glandular hair شعيرة غدية
Gentiana جنس الجنطيان
فصيلة الجنطيان (الكوشادية)
Gentianaceae
Geum جنس حشيشة المبارك
كمبيوم بين حزمى أثرى
vestigial interfasicular cambium
جنس شجرة المعبد ــ جنكجو
Ginkgo

نمو بعيد عن المركز ــ نمو للخارج
centrifugal
gliding or sliding نمو انزلاقى
intrusive نمو انحشارى
انطمار قواعد المسيرات الورقية
burial of leaf trace bases
symplastic نمو جماعى
Growth ring حلقة نمو
layer طبقة نمو
false growth نمو كاذب
Guaiacum جنس جواياكم
Guard cell خلية حارسة
Gummosis تصمغ
Gums أصماغ
Gymnocladus جنس شيكو
نباتات عاريات البذور
Gymnosperms
albuminous cell خلية زلالية
عمود وعائى قنوى خارجى اللحاء
ectophloic siphonostele
غشاء نقرى مثقب
perforated pit membrane
transfusion tissue نسيج ناقل

(H)

Hairs شعيرات
multicelluler عديدة الخلايا
stinging لاذعة ــ لاسعة
Halophytes نباتات ملحية
Haustoria ممصات
جنس هيدرا (حبل المساكين
(Hedera Helix
inferior ovary مبيض سفلى
Helianthus جنس عباد الشمس

Glands غدد
digestive غدد هاضمة
ثغر مائى ــ ثغر دمعى
hydathode
laticiferous ducts قنوات لبنية
nectaries غدد رحيقية
gum ducts قنوات صمغية
Gleditsia جنس جلدتسيا
شعيرات جذرية دائمة
persistent root hairs
Gliding growth نمو انزلاقى
Gentales رتبة العلديات
Gossypium جنس القطن
Graft hybrid هجين تطعيمى
Grafting تطعيم
Grain in wood تعرق الخشب
birds eye تعرق عين الطائر
Curly تعرق جعدى
silver تعرق فضى
spiral تعرق حلزونى
Gramineae الفصيلة النجيلية
التسوبر الثانوى
secondary suberisation
Grasses النجيليات
mestome sheath غلاف الحزمة
حرنكش (القوطة)
Ground cherry (phsalis)
Growth نمو
apical نمو قمى
انتظام الخلايا ــ انضباط
cellular adjustment
نمو فى اتجاه المركز ــ نمو للداخل
centripetal

جنس الهليوتروب — جنس الرهاب
Heliotropium

H. luteum الرهاب

H. europaeum حشيشة العقرب

Helleborus جنس الخربق

Hemicellulose نصف سليلوزية

Hemlock الشوكران

Hemp : Cannabis Sativus قنب

Herbaceous plants نباتات عشبية

Hevea جنس هيفيا

Hevea Brazeliensis شجرة المطاط

Hibiscus جنس هبسكس

Hilum سرة

Histogen منشىء الأنسجة

theory نظرية نشوء الأنسجة

Horsetails نباتات ذيل الحصان

جنس حشيشة الدينار — جنس
Humulus الجنجل

ثفور دمعية — ثفور مائية
Hydathodes

Hydrastis جنس ادراستس

جنس روكارى ومنه قاتل الضفدع
Hydrocharis (H. morsus-ranae)

Hydroplytes نباتا تمائية

Hypericaceae فصيلة رمان الأنهار

Hypericum جنس رمان الأنهار

Hypodermis تحت بشرة

(I)

I-beam structure تركيب كمرى

Ice crystals بللورات ثلجية

Impatiens جنس الجزاع

حزم وعائية منفصلة
discrete vascular bundles

تشبع الخشب
Impregnation of wood

Inclusions محتويات

Inflorescence نورة

nitrogenous نتروجينية

supra axillary فوق ابطى

Initial of cambium بداءة الكمبيوم

نباتات آكلة الحشرات
Insectivorous plants

Integument غلاف البويضة

طبقة بين خلوية — طبقة بينية
Intercellular layer

Intercellular space مسافة بينية

substance مادة بين خلوية

Internode سلامية

تناهيها فى الصغر فى القمة الزهرية
telescoping in floral apex

لحاء بين خشبى — لحاء بينى
Interxylary phloem

Intracellular fluid سائل خلوى

لحاء داخلى
Intraxylary phloem (internal)

Intrusive growth نمو انحشارى

Intussusception ادماج

Invasion theory نظرية الغزو

Ipomoea جنس الأيبوميا

Iresine جنس ارزين

Iridaceae الفصيلة السوسنية

Iris جنس السوسن

inverted bundle حزمة مقلوبة

Isoetes جنس الايزوتيس

(J)

Jeffersonia جنس جفرسونيا

Juglandaceae الجوزية

مسيرات ورقية حازمة girdling
تمزق ــ تهتك rupture
جنس الكيرسيا (حشيشة البركة)
Lecrsia (L. oryzoides)
Legume قرن
Leguminosae الفصيلة القرنية
Lenticel عديسة
closing cells خلايا غالقة
layer طبقة غالقة
complementary cells خلايا مفككة
tissne نسيج مفكك
Lenticular عديسى الشكل
scale حرشفة عديسية
جنس لبيديوم (مسواك الراعى)
Lepidium (L. latifolium)
Leptocarpus جنس الليبتوكاربوس
Leucoplasts بلاستيدات عديمة اللون
amyloplast بلاستيدات نشوية
elaioplast بلاستيدات زيتية
Lianas المتسلقات (الخشبية)
Lignification تلجنن
Lignin لجنين
Lignocellulose سليلوز لجنينى
Lignosuberin سوبرين لجنينى
خشب الانبياء
Lignum vitae (Guaiacum)
Ligule لسين
Lilac (Syringa) نبات ليلاك
Liliaceae الفصيلة الزنبقية
Lillies الزنبقيات
Lili florae رتبة الزنبقيات
Linum كتان
procambium كمبيوم اولى
Liquidambar جنس الميعة السايلة

Juglans جنس الجوز
نخاع ذو حواجز
diaphragmed pith
Jujube عناب
Zizyphus جنس النبق
فصيلة السمارية ــ الأسلية
Juncaceae

(K)

Kapok كابوك
Kauri gum صمغ الكاورى
جنس كيريا (ورد الصيف)
Kerria (K. japonica)
Kinoplasm كينوبلازم
أجسام كنيوبلازمية
Kinoplasmasomes
Knots in lumbar عقد فى الخشب
Krugiodendron جنس الكرج

(L)

Labiatae الفصيلة الشفوية
Lactuca جنس الخس
Lacunae فراغات
Larix جنس اللاركس
Latex لبن نباتى
Lathyrus جنس بسلة الزهور
Lattices بقع شبكية
الفصيلة الغارية أو اللورية ــ أو
Lauraceae الرندية
Leaf ورقة
phyllotaxy الافتراق الزاوى
gap فرجة ورقية
بريدرم الندبة الورقية
Leaf scar periderm
Leaf traces مسيرات ورقية

ليريودندرون — شجرة الزنبق
Liriodendron
bud scales حراشيف برعمية
winter buds براعم شتوية
Lobelia جنس لوبيلية
Lonicera جنس لونيسرا
Lumen of the cell تجويف الخلية
Lychnis جنس لخنيس
Lycopersicum جنس الطماطم
Lycopodium جنس ليكوبوديم
Lycopsida رتبة ليكوبسيدا
فراغات انفراضية
Lysigenous cavities
ducts قنوات انفراضية
Lysimachia جنس ليسيماخية
Lythraceae الفصيلة الحنائية
Lythrum جنس ليثروم

(M)

جنس مكلورا — شجرة القش
Maclura (M. pomifera
حاجز غربالى — صفحة غربالية
sieve plate
Magnolia جنس مانوليا
Magnoliaceae الفصيلة المانولية
شجرة الماهوجنى
Mahogany (Swietenia)
Malpighian cell خلية ملبيجى
Malus pumila تفاح
rooting انبثاق الجذور
نسيج افرازى فى الغدة الرحيقية
secretory tissue in nectary
هيكل وعائى زهرى
vascular floral skeleton

heavy wood خشب ثقيل
خشب صميمى رطب
wet heartwood
Malvaceae الفصيلة الخبازية
مصدر الألياف اللحائية
source of « bast »
Mangifera جنس المانجو
Mango مانجو
Manila hemp تيل مانيلا
Marattia جنس المراتيا
Maturation نضج — بلوغ
acropetal قمى
basipetal قاعدى
physical changes تغيرات طبيعية
تغيرات كيميائية
chemical changes
Medeolas جنس مديولا
جنس النفل — جنس البرسيم الحجازى
Medicago
حزم نخاعية
« Medullary » bundles
Medullary ray شعاع نخاعى
vines كروم
Medulary sheath غلاف نخاعى
Medullary spots بقع نخاعية
Melastomaceae فصيلة الساذج
cortical bundles حزم قشرية
Melilotus جنس الحندقوق
Menispermum جنس منسبرمم
Meristem مرستيم
embryonic مرستيم جنينى
file مرستيم صفى
مرستيم النسيج الأساسى
ground-tissue

جنس شب الليل Mirabilis
جنس متشل Mitchella
سبحيات Mitochondria
جنس شاى الجبل أو موناردا ـ جنس برغود Monarda
نباتات وحيدة الفلقة Monocotyledons
مرستيمات بينية intercalary meristems
طبقات واقية protective layers
غدد رحيقية حاجزية septal nectaries
عمود وعائى وحيد Monostele
جنس مونوتروبا Monotropa
الفصيلة التوتية Moraceae
جذور مورفولوجية « Morphological roots »
جنس التوت Morus
خلية حركية Motor cell
مواد مخاطية Mucilages
جنس الموز Musa
الفصيلة الموزية Musaceae
جذر فطريات Mycorrhizae
جنس ميركا ـ جنس شجرة الشمع Myrica
جنس الحزنبل ـ أو الميريوفيلم Myriophyllum
الفصيلة الآسية Myrtaceae

(N)

جنس النرجس Narcissus
جنس نبنش ـ جنس نابنط Nepenthes
جنس النابطة Nepeta

مرستيم حافى marginal
مرستيم بدائى ـ أولى « primordial »
مرستيم ضلعى (شريطى) rib
التميز والتطور التركيبى structural development and differentiation
نظرية البدن والغلاف tunica-corpus
مرستيم بدائى أو أولى « Urmeristem » (promeristem)
أنسجة مرستيمية Meristematic tissues
لحاء أول تام النمو mature protophloem
غلاف ثمرى وسطى Mesocarp
النسيج المتوسط Mesophyll
فلقة cotyledon
برنشيمة اسفنجية وعمادية spongy and palisade parenchyma
أوراق النباتات الوسطية mesophytic leaves
أوراق النباتات الجفافية xerophytic leaves
نباتات وسطية Mesophytes
غلاف الحزمة Mestome sheath
ميسلات Micellae
الصفيحة الوسطى Middle lamella
استعمال غير دقيق للاصطلاح loose use of the term
ترسيب معدنى على جدار الخلية Mineralization of cell wall
نباتات النعناع Mints

Nettles	نباتات الحريق
Urtica	جنس الدخان ــ جنس الطباق
Nicotiana	
Node	عقدة
Nucellus	نويسلة
Nucleus	نواة
Nyssa	جنس نسة

(O)

Oak	بلوط
	اندثار اللحاء
Obliteration of phloem	
Ochroma	جنس اكروما
Oil ducts	قنوات زيتية
Oils	زيوت
	خلايا شعاعية حافية
marginal ray cells	
Onagraceae	الفصيلة الأوناجرية
Onopordum	جنس انوبوردم
Ontogeny	نشوء تكويني
Ophioglossum	جنس لسان الحية
Orchids	الأراشد
Ornamentation	زخرفة
Orientation	ترتيب ــ تنظيم
Orobanche	جنس الهالوك
Osmunda	جنس أسمندة
Ostrya	جنس أستريا
Ovary	مبيض
inferior	مبيض سفلى
superior	مبيض علوى
syncarpous	مبيض ملتحم الكرابل
Ovule	بويضة
vascular supply	المدد الوعائى

(P)

Palms	نخيل
Papaveraceae	الفصيلة الخشخاشية
Papaya	الباباظ
Parasites	متطفلة ــ طفيليات
Parenchyme	نسيج برنشيمى
Peach	الخوخ
Pectin	مادة البكتين
Pedicel	عنق الزهرة
Pelargonium	جنس بلارجونيم
Perforation	تثقب
reticulate	شبكى
scalariform	سلمى
Periblem	منشىء القشرة
Pericambium	كمبيوم محيطى
Pericarp	جدار الثمرة
fleshy	لحمى
Pericycle	بريسيكل
Periderm	بريديرم
layering in.	تتابع الطبقات
scaling of	تقشر البريديرم
	منطقة نخاعية محيطية
Perimedullary zone	
Persea	جنس البرساء
	البرسمون (الكاكى)
Persimmon (Diospyros)	
Petiole	عنق الورقة
Phaseolus	جنس الفاصوليا
	قشرة فلينية ــ قشرة ثانوية
Phelloderm	
Phellogen	كمبيوم فلينى
Philadelphus	جنس الفيلادلفس
Phloem	لحاء
crushing of	سحق

Pit aperture فتحة النقرة
Pit canal قناة النقرة
تجويف النقرة — فراغ النقرة
Pit cavity
Pit chamber غرفة النقرة
Pit-fields رقع نقرية — حقول منقرة
Pit membrane غشاء النقرة
penetrability نفاذية
perforations ثقوب
Pit-pairs نقر مزدوجة
bordered نقر مزدوجة مضفوفة
نقر مزدوجة نصف مضفوفة
half bordered
simple نقر مزدوجة بسيطة
vestured نقر مزدوجة مكسوة
Pith نخاع
نخاع ذو حواجز — نخاع مقسم
diaphragmed
duration بقاء — تعمير
خارج العمود الوعائى — داخل ...
extrastelar-versus stelar
hollow اجوف
ontogeny تطور تكوينى
Pith ray شعاع نخاعى
رقط الشعاع النخاعى
Pith ray flecks
Pits نقر
blind نقرة بينية
cribriform غربالية الشكل
fused ملتحمة
vestigial أثرية
الياف خشبية مستدقة
in libriform wood fibres
Pitted cell خلية منقرة

لحاء بين خشبى — لحاء بينى
interxylary phloem
metaphloem لحاء تالى
Primary phloem لحاء ابتدائى
Protophloem لحاء أول
Phloeoterma فلوترما
Phlox جنس الفلوكس
Phoenix جنس نخيل البلح
Photosynthesis البناء الضوئى
Phragmoplast فرجموبلاست
Phragmosphere فرجموسفير
Phryma جنس الفريما
Phyllocladus جنس الفيلوكلادس
Phyllode عنق ورقى
Phyllotaxy افتراق زاوى
نشوء قبلى — تتطور سلفى
Phylogeny
عمود وعائى نخاعى — عمود وعائى
siphonostele قنوى
Physocarpus جنس الفيزوكارب
Physostegia جنس الفيزوستيجيا
Phytelephas جنس فيتيليفاس
Phytolacca جنس فيتولكة
Picea جنس بيسيا
Pilea جنس بيليا
Pineapple (Ananas) الأناناس
جنس حشيشة الدهن
Pinguicula (butterworts)
Pinus جنس الصنوبر
Piper جنس الفلفل
Piperaceae الفصيلة الفلفلية
Pistia الزقيم
Pisum جنس البسلة
stipules أذينات

رمان Pomegranate
جنس الرمان *Punica*
جنس بنتدريا Pontederia
خشخاش Poppy
الفصيلة الخشخاشية
Papaveraceae
جنس الحور Populus
بداآت الكمبيوم
cambial initials
جنس الرجلة Portulaca
جنس سلق الماء — لسان البحر
Potamogeton
بطاطس
Potato (Solanum tuberosum
جنس رجل الوزة Potentilla
جدار خلوى ابتدائى
Primary cell wall
طبقة وقائية ابتدائية
protective layer
الفصيلة الربيعية Primulaceae
كمبيوم أولى Procambium
مرستيم أولى Promeristem
بلاستيدات أولية Proplastids
بروزنشيمية Prosenchyma
طبقات واقية Protective layers
حبيبات بروتينية Protein granules
منشىء البشرة Protoderm
لحاء أول Protophloem
استطالة elongation
بروتوبلاست Protoplast
خشب أول Protoxylem
التكوين الشبكى فى الخشب الأول
reticulations

منطقة الانفصال
in abscission zone
خشب تالى of metaxylem
قشرة ثانوية — قشرة فلينية
of phelloderm
تنقير Pitting
شبكى reticulate
سلمى scalariform
تنقير مركب من جانب واحد
unilateral compound
مشيمة Placenta
وضع مشيمى Placentation
جسم النبات Plant body
تركيب constitution
الأجزاء الأساسية
fundamental parts
فصيلة لسان الحمل Plantaginaceae
جنس لسان الحمل Plantagso
غشاء بلازمى Plasma membrane
روابط بلازمية Plasmodesmata
بلاستيدات Plastids
جنس الشنار Platanus
منشىء الاسطوانة الوعائية Plerome
جنس الفشاغ Podocarpus
تآكل فطرى فى جدار الخلية
fungus erosion in cell wall
جنس بودوفيللم Podophyllum
الفصيلة بوليمونية Polemoniaceae
حبوب لقاح Pollen grain
الفصيلة الحماضية Polygonaceae
حزم مشيمية Placental bundles
جنس بوليجوناتم Polygonatum
جنس اليوليجونيلا Polygonella
جنس بوليبوديم Polypodium

لولبية او حلزونية الخشب الأول
spirals
مرستيم وعائى أولى
Provascular meristem
tissue نسيج وعائى أولى
Pruning تقليم
Prunus جنس برونس
Pseudotsuga جنس بسودوتسوجا
Psilotaceae فصيلة سيلوتم
Pteridium سرخس بتريديم
Pteridophytes التريديات
Pteris سرخس بتريس
Pteropsida بتروسبيدا
Pterospora جنس تيروسبورا
رباط الوسادة الورقية (وسادة
Pulvinar band (Pulvinus ورقية
Punica جنس الرمان
Pyrola جنس بيرولا
جنس بيرس (ويشمل الكمثرى
Pyrus والتفاح وغيره

(Q)

Quercus جنس البلوط
اندثار الأنابيب الغربالية
obliteration of sieve tubes
durability الاحتمالية
gelatinous fibres الياف جلاتينية
libriform fibres الياف مستدقة
تعرق فضى فى الخشب
silver grain in wood
Quercus suber بلوط الفلين
elasticity مرونة
جنس الكينوميلس
Quince (Chaenomeles)
Quinine كينين

(R)

Radial bundles حزم قطرية
dots بقع قطرية
Romular traces =
Branch traces مسيرات الفروع
Ranales رتبة الشقيقيات
Ranunculaceae الفصيلة الشقيقية
Ranunculus جنس الشقيق
Raphides بللورات أبرية
Raspberry (Rubus) توت العليق
Ray cells خلايا شعاعية
dentation تسنن
متصلة — مصفوفة
conterminous (— marginal ray cells)
مبعثرة
interspersed (— merginal ray cells)
Rays اشعة
vascnlar اشعة وعائية
aggregate متجمعة
compound مركبة
Receptacle تخت
اختزال المدد الوعائى
Reduction of vascular supply
الخشب الأحمر
Redwood (compression wood)
Reseda جنس رسيدا
Resin راتنج
Rhamnus جنس رامنس
Rheum جنس راوند
Rhizomes ريزومات
Rhododendron جنس رودندرون

Rhus جنس السماق
Rhytidome قلف
Ribes جنس ريباس
Rims of Sanio حواف سانيو
Rings حلقات
Rise of sap صعود العصارة
Robinia جنس روبينيا
Root جذر
Root cap قلنسوة الجذر
Root germs بداءات جذرية
Root hairs شعيرات جذرية
Rootings انبثاق الجذور
Rosa جنس الورد
Rosaceae الفصيلة الوردية
نخل ملكى
Royal palm (see Roystonia)
Roystonia نخل ملكى
Rubber مطاط
Rubus جنس توت العليق
Ruellia جنس قمشد
Rumex جنس الحماض
Rupture تمزق — تهتك
نبات أسنان الأسد الروسى
Russian dandelion (Taraxacum Koksaghyz)
Rutaceae الفصيلة السدبية

(S)

Sabal palmetto جنس سبل
Sagittaria جنس القطبة
Saintpaulia جنس سانت يوليا
Salicornia جنس الخريزة
Salix جنس الصفصاف
Salvia جنس السلفيا
Sambucus جنس البيلسان
Sansevieria جنس الدنق
Santalaceae الفصيلة الصندلية
Sapodilla (Achras) سبوت
جنس سابوتا (الزبدية)
Sapote (Salocarpum)
Saprophytes رميات
Sarracenia جنس السراسينة
Sassafras جنس السفراس
برنشيمة مغزلية
fusiform parenchyma
Scale bark قلف حرشفى
Schizaea جنس الشيزه
Schizogenous ducts قنوات انفصالية
مسافات انفصالية
Schizogenous spaces
مسافات انفصالية انقراضية
Schizolysigenous spaces
Scirpus جنس الديس
Sclereid سكلريد
سكلريد ، أنواعه
Sclereids, types of,
سكلريدات نجمية الشكل
astrosclereids
سكلريدات مستديرة
brachysclereids
macrosclereids سكلريدات عمادية
سكلريدات عظمية الشكل
osteoslereids
trichosclereids سكلريدات
Sclerenchyma سكلرنشيمة
تحجر اللحاء الثانوى
Sclerification of secondary phloem
Sclerotic cells خلايا متحجرة
الفصيلة الشحصية
Scrophulariaceae,

الحلقات الموسمية باللحاء الثانوى
Seasonal rings in secondary phloem

Secondary body الجسم الثانوى

الجدار الثانوى للخلية والتغيرات الكيميائية به
Secondary cell wall, chemical changes in,

Secondary cortex القشرة الثانوية

الاندودرمس الثانوى
Secondary endodermis

Secondary growth النمو الثانوى

المرستيمات الثانوية
Secondary meristems

Secondary phloem اللحاء الثانوى

Secondary tissues انسجة ثانوية

Secondary xylem خشب ثانوى

Secretory cells الخلايا الافرازية

Secretory chamber غرفة افرازية

Secretory tissue النسيج الافرازى

مستويات القطاع
Section, planes of,

ساق سيكوريداكا الشاذة
Securidaca, anomalcus stem in,

الترسيب المعدنى بجدر خلايا نباتات البردى
Sedges, mineralization of cell wall in,

Sedum حى علم

Seed coats اغلفة البذرة

Seedlings بادرات

Seeds بذور

Segmentation of apex تجزؤ القمة

Selaginella الرصن

Senecio سنسيو

Sepal سبلة

Separation layer الطبقة الفاصلة

Sequoia سيكويا

Serjania سرجانيا

Shagbark hickory هيكورى

Shell bark القلف القشرى

Sieve areas مساحات غربالية

Sieve cell خلية غربالية

Sieve element عنصر غربالى

منطقة غربالية (حقل غربالى)
Sieve field

Sieve plate حاجز غربالى

Sieve tube انبوبة غربالية

السليكا بجدار الخلية
Silica, in cell wall

سينوكالاماس ، قمة الساق
Sinocalamus, stem apex of,

Siparuna سيبارونا

Sisal سيسال

(انظر سيمبلوكاربس)
Shunk cabbage (see Sumplocarpus)

Slime plugs سدادات مخاطية

Smilacena سميلاسينا

Smilax سميلاكس

Solanaceae الفصيلة الباذنجانية

سولانم دالكامارا
Solanum Dulcamara

Solanum tuberosum البطاطس

Solidago سوليداجو

Sorbus سورباس

Sparganium سبارجانيوم

Spartina سبارتينا

Spiraea سبيريا
Spiral elements الأوعية الحلزونية
Spiral thickenings تغلظات حلزونية
Spondias سبونديباس
Spores, walls of, أبواغ (جدران)
Stamen سداه
Starch نشا
Stele العمود الوعائى
عمود وعائى احادى
types of, monostele
polystele عمود وعائى متعدد
protostele عمود وعائى أولى
عمود وعائى اسطوانى مجوف
siphonostele
عمود وعائى اسطوانى مجوف مزدوج
ectophloic اللحاء
عمود وعائى اسطوانى مجوف مزدوج
amphiphloic خارجى اللحاء
Stellaria ستيللاريا
Stem ساق
Stem bundles حزم الساق
Stigma, ميسم
Stipules الأذينات
Stomata ثغور
فتحة الثغر
Stomatal opening (or aperture)
خلايا حجرية
Stone cells (see sclereids)
الكمبيوم المصفوف
Storied cambium
Storied cork الفلين المصفوف
Strawberry (see Fragaria) شليك
الالتحام فى ستربتوبس
Streptopus, adnation in,

امتداد خلايا الخشب الأول
Stretching of protoxylem cells
تخطط الجدار الأولى
Striations, of cell wall,
ستركنوس (الجوز المقيىء)
Strychnos
Suberin سوبرين
Suberin lamella صفيحة السوبرين
تسوبر جدار الخلية
Suberization of cell wall
Substitute fibre ليفة بديلة
Sumach سماق
Sun scald حرق الشمس
الخشب الصميمى فى الكابلى
Swietenia, heart wood in,
Symbiosis تكافل — تعايش
Symplocarpus سيمبلوكاربس
مراحل التحام الكرابل
Syncarpy, stages in,
Syringa سيرنجا

(T)

Tannin تانين
Taraxacum ناب الأسد — هندبا
Taxodium تكسوديوم
Taxus تاكسس
Tecoma تيكومه
Tephrosia تفروزيا
حلزونات من الدرجة الثالثة
Tertiary spirals
اختفاء الأوعية من الفصيلة الترنسية
Tetracentraceae, absence
vessels in,
Thionouia ثينونيا

Thuja تويه
Tilia الزيزفون
Tiliaceae الفصيلة الزيزفونية
Tillandsia تيللاندسيا
Timber خشب
Tissue initiation بداءة النسيج
Tissue systems الأجهزة النسيجية
Tissues الأنسجة
الطباق
Tobacco (see Nicotiana)
Todea superba توديا سوبربا
الطماطم
Tomato (see Lycopersicum)
Torus التخت
Trabeculae زوائد جدارية
Traces مسيرات الحزم
Trachea قصيبات
Tracheid قصيبة
Tradescantia ترادسكانتيا
Tragopogon طراغوبوغن
زهرة مايو
Trailing arbutus (see Epigaea)
Transfusion cells خلايا ناقلة
Transfusion tissue نسيج ناقل
Transition cell خلية انتقالية
Transition region منطقة انتقال
Traumetic tissue
Trichomes شعيرات
Trichostema
Trifolium برسيم
الفصيلة التركسندرية
Trochosendraceae
Trollium
Tropaeolum ابو خنجر

Tsuga تسوجا
Tunica غطاء ــ غلاف
نظرية الغطاء والجسم أو البدن
Tunica-corpus theory
Tyloses تيلوزات
Tylosoids تيلوزانى
Typhaceae فصيلة البوطية

(U)

Ulmaceae الفصيلة الفرغارية
Ulmus الماس ــ غرغار
Umbelliferae الخيمية
ازهار وحيدة الجنس
Unisexual flowers
شعيرة الحريق اللاسعة
Urtica, stinging hair of,
Urticaceae فصيلة الحريقية
Utricularia حامول الماء
Vaccinium فاكسينيوم

(V)

Vacuoles فجوات
Vacuome فراغ
Valerianaceae الفصيلة الوالريانية
Vascular bundles حزم وعائية
اللحاء يحيط بالخشب
types of, amphicribral
amphivasal الخشب يحيط باللحاء
bicollateral مزدوجة اللحاء
cauline ساقى
collateral مقترنة ــ جانبية
common عادية
concentric مركزية
cortical قشرية

Vascular cylinder اسطوانة وعائية
الهيكل الوعائى الزهرى
Vascular floral skeleton
الهيكل الوعائى الابتدائى
Vascular skeleton, primary
Vascular system الجهاز الوعائى
Vascular tissues الأنسجة الوعائية
Veinislets جزر بين العروق
Veins عروق
Velamen حجاب جذرى
Venation تعرق
Veratrum ڤراترم
Verbascum ڤرباسكم — بوصير
Veronica ڤيرونيكا
Vessel وعاء
Viburnum ڤيبرنم
Vicia فول
Vinca, الونكة
Vines كروم
Viola بنفسج
Violaceae الفصيلة البنفسجية
Viscum ڤيسكم
Vitis عنب

(W)

Waldsteinia ولدشتينيا
Water pores ثقوب مائية
Water stomata ثغور مائية
Water melon البطيخ
Wax شمع
Wax palms نخيل الشمع
تعرية
Weathering, inflorescences lost by,
Welwitschia ڤلڤتشيا
Willow (see Salix) صفصاف
Winteraceae الفصيلة الونترية
خشب كاسيات البذور
Wood, of angiosperms
diffuse-porous منتشر المسام
heart wood خشب صميمى
ring-porous حلقى المسام
sapwood خشب رخو
Woodwardia وودورديا
Woody plants نباتات خشبية
gummosis in, التصمغ فى
Woody stems سوق خشبية
Wound cork فلين الجرح
Wound roots جذور الجرح
Wound tissue نسيج الجرح
Wrightia ريتيا

(X)

Xanthium شبيط
Xanthophyll زانثوفيل
Xerophytes نباتات جفاف
malacophyllous عريضة الأوراق
microphyllous صغيرة الأوراق
sclerophyllous جلدية الأوراق
trichophyllous شعرية الأوراق
Xylem خشب
نمو متجه نحو الخارج
centrifugal development in
نمو متجه نحو الداخل
centripetal development in
خشب اول داخلى
endarch
exarch خشب اول خارجى
mesarch خشب اول وسطى
metaxylem خشب تالى
Xylem rays اشعة خشبية
secondary growth نمو ثانوى

(Y)

Yucca يوكا

(Z)

Zamia زاميا
Zea ذره
Zingiber زنجبار
Zizyphus نبق
تمنطق الأنسجة الانشائية
Zonation in meristems

(٢) عربى ـ انجليزى

(ا)

(ب)

English	عربي
Polypodium	بوليبوديوم (جنس)
Ovule	بويضة — ٤٤٥
Podophyllum	بودوفيللم
Boraginaceae	بوراجينية (لسان الثور) فصيلة
Verbascum	بوصير — فرباسكم
Bauhinia	بوهينيا
Pyrus	بيرس
Pyrola	بيرولا — ٤٤٧
Pilea	بيليا — ١١٢
Sambucus	بيلسان — ١١٢ ، ١٤٠
Picea	بيسيا — ٢٧٠ ، ٥٠٢
Caprifoliaceae	بيلسانية (فصيلة)
Interfascicular	بين حزمى
Environment	بيئة — ٤٩٣
Mesophytic	بيئة وسطى — ٤٩٣

(ت)

English	عربي
Taxus	تاكسس — ١٣٣
Tannin	تانين — ٢٧٩
Fungous erosion in cell wall	تآكل فطرى فى جدار الخلية
Erosion in cell wall	تآكل فى الجدار الخلوى
Cuticularization	تأدم
Birch (Betula)	تامول — ٢٦٩
Budding	تبرعم
Manilla hemp	تيل مانيلا
Layering in periderm	تتابع الطبقات
Perforation	تثقب
Segmentation of apex	تجزؤ القمة
Pit cavity	تجويف النقرة — فراغ النقرة
Silver grain in wood	تعرق فضى فى الخشب
Spiral	تعرق حلزونى
Curly grain in wood	تعرق جعدى فى الخشب
Birds eye	تعرق من نوع عين الطائر

(ث)

(ج)

(ح)

(خ)

(د)

(ذ)

(ر)

(ز)

(س)

(ش)

(ص)

(ط)

(ع)

(غ)

(ف)

(ق)

(ك)

(ل)

(م)

(ن)

(هـ)

(و)

(ى)

استدراك

ترجمت كلمة Iris بسوسن حينا ، وزنبق حينا آخر ، والأولى أصح ، فيحسن تخصيص زنبق لـ Lilium . وعربت Cornus مرة الى قرنوس ، واحيانا الى كورنس . وعربت Ulmus حينا الى الماس وترجمت احيانا الى غرغار . وعربت كلمة Ericaceae الى اريكية ، وترجمت أحيانا الى خلنجية . وعربت Acer حينا الى آسر ، ولكنها ترجمت أحيانا الى أسفندان .

المراجع

تم — بحمد الله — طبع هذا الكتاب بمطبعة جامعة
عين شمس فى ١٤ من صفر سنة ١٣٨١ الموافق ١٦
من يوليه سنة ١٩٦٢

رئيس المطبعة

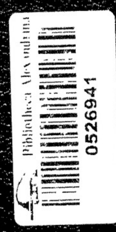
يحي احمد صالح

مطبعة جامعة عين شمس ٢٨٤/١٩٦٠/٣٠٠٠








Bibliotheca Alexandrina
0526941